Ec. Apostoleanu Iași 1942

M. KONTESCHWELLER
Inginer

320
c. 4

RADIOELECTRICITATE

Cu 299 figuri în text

Ediția II

537 (075.8) = 19

073881
B.C.U. - IASI

320

BUCUREȘTI
FUNDAȚIA REGALĂ PENTRU LITERATURĂ ȘI ARTĂ
39, Bulevardul Lascar Catargi, 39
1941

17 MAI 1971

I. 24. 161
BIBLIOTECA DE BIOLOGIE
T. I - 857

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

CAPITOLUL I

SUBSTRATUL FIZIC AL RADIOELECTRICITĂȚII

Spiritul omenesc deschide căi noui prin sclipiri geniale și prin descoperiri accidentale. După aceea pătrunde pe aceste căi prin metode care se desvoltă treptat și dobândesc cu timpul un caracter specific.

Metodele de pătrundere urmăresc de obiceiu două obiective principale:

1. Desprinderea esențialului și a fenomenului pur.
2. Impingerea la extrem a anumitor fenomene sau însușiri cunoscute, precum voiu arăta mai departe prin câteva exemple.

Desprinderea esențialului se poate vedea bunăoară în aviație, unde o bună parte a progresului se rezumă la izolarea formelor perfecte și «curățirea» lor de toate proeminențele. In radio de asemenea, avem izolarea curentului electric care, desprins de suportul lui material se reduce la emisiunea electronică din lămpile de radio. In aparatele de recepție urmărim desprinderea modulației sonore pure, ș. a. m. d.

Al doilea obiectiv al metodelor de pătrundere e mai greu de exprimat dar mai ușor de exemplificat.

Când un fenomen obișnuit se împinge la extrem, capătă de obiceiu un aspect neașteptat.

Astfel ridicarea temperaturii dincolo de o anumită limită produce combustia.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Simpla mărire a surselor de curent electric a dus la începutul secolului trecut la arcul voltaic, la incandescență și implicit la lumina electrică.

De asemenea mărirea puterii motoarelor pe unitate de greutate a dus la sborul mecanic, la avion.

Inversarea unui curent electric într'un ritm din ce în ce mai repede, a dus la înalta frecvență și implicit la radioelectricitate.

Progresul în domeniile de mai sus continuă să se rezume în bună parte la ușurarea motoarelor și la producerea frecvențelor din ce în ce mai ridicate.

*
* *

Calea radioelectricității a fost deschisă prin geniala lucrare a lui Maxwell, care a arătat în 1864 că un curent electric alternativ produce în jurul lui unde de aceeași natură cu undele luminoase.

Pătrunderea în domeniul practic al radioelectricității a fost însă opera lui Hertz care a adeverit prin minunatele sale experiențe din 1887 prevederile teoretice ale lui Maxwell.

Dar la începuturile radioelectricității n'au lipsit nici descoperirile accidentale: lampa cu doi electrozi a lui Edison, lampa cu trei electrozi a lui Lee de Forest din 1906, etc.

Cu ajutorul acestor lămpi s'a desprins precum spuneam, un fenomen esențial, curentul electric care a fost scos din suportul lui material și redus astfel la ceea ce este în fond, o simplă deplasare unidirecțională de electroni. Reglarea acestui curent de electroni s'a făcut în modul cel mai simplu, cel mai firesc, printr'un câmp electrostatic interpus în calea electronilor (sita, — care e așezată între sursa de electroni, — filamentul incandescent, — și placa colectoare).

Suprimând astfel greoaia haină materială pe care o îmbracă în mod normal curentul electric, acesta poate fi stăpânit cu o ușurință extraordinară.

Intr'adevăr, cu lampa de radio se realizează orice amplificări şi orice frecvenţe (în anumite limite). Se poate produce adică o comutare oricât de rapidă a curentului electric, care ajunge să-şi schimbe sensul de zeci şi sute de milioane de ori pe secundă cu o preciziune perfectă, cu o regularitate admirabilă.

Aşa dar radioelectricitatea se bazează în fond pe curenţii de înaltă frecvenţă şi pe lămpile de radio care produc aceşti curenţi la postul de emisiune şi îi percep la recepţie.

Curenţii de înaltă frecvenţă dela postul de emisiune produc în jurul lor unde radioelectrice care ajung la postul de recepţie. Undele acestea nu pot fi percepute de simţurile noastre. Ele călătoresc aproape nestingherite prin spaţiu până ajung la antena receptoare în care produc un curent de înaltă frecvenţă asemănător cu cel dela postul de emisiune, — dar mult mai slab.

Pentru ca acest curent să devie perceptibil se culege într'un circuit electric format dintr'un condensator şi o bobină, astfel alese încât să intre în rezonanţă pe frecvenţa dată, — obişnuitul acord al aparatelor de recepţie.

In al doilea rând curentul e amplificat prin lămpi şi pus în evidenţă cu ajutorul căştii, difuzorului, etc.

In definitiv avem un curent alternativ în antena de emisiune care produce un curent alternativ în antena de recepţie.

S'ar putea crede că e vorba de un simplu fenomen de inducţie, dar inducţia clasică aşa cum a fost descoperită de Faraday în 1831 şi exprimată ulterior în diferite legi şi formule nu poate produce şi nu poate explica acţiunea la distanţe atât de mari ca în radiocomunicaţii.

In studiul clasic al inducţiei se admite că intensitatea curentului este, — în orice clipă, — aceeaşi în toate punctele circuitului şi că inducţia se produce instantaneu. Aceasta constitue o primă aproximaţie perfect acceptabilă când e vorba de frecvenţe joase (zeci şi sute de perioade

pe secundă) şi de distanţe mici cum ar fi de exemplu distanţa dintre primarul şi secundarul unui transformator.

Astfel privite lucrurile, efectele produse de inducţie scad cu *pătratul* distanţei iar în lipsa unui bobinaj secundar care să absoarbă energia din bobinajul primar al transformatorului acesta *nu* radiază energie în spaţiul înconjurător.

Dar de îndată ce curentul începe să-şi schimbe sensul mai repede, ajungând la frecvenţe de zeci şi sute de mii pe secundă, intensitatea curentului nu mai poate fi considerată aceeaşi în toate punctele circuitului, şi nici viteza de propagare a inducţiei nu mai poate fi considerată ca instantanee, căci dela acţiunea primarului asupra secundarului şi reacţiunea acestuia asupra primarului, curentul poate să-şi fi schimbat sensul în primar, aşa încât fenomenele se modifică. Când liniile de forţă tind să se retragă asupra conductorului la stingerea curentului, găsesc un curent de sens schimbat care respinge aceste linii de forţă ce se desprind şi pornesc în spaţiu (fig. 81).

Astfel privite lucrurile efectele produse în mediul înconjurător scad cu distanţa (*nu* cu pătratul distanţei ca înainte) iar conductorul parcurs de curentul electric alternativ de înaltă frecvenţă radiază energie în spaţiul înconjurător chiar şi în lipsa unui colector, — care ar corespunde oarecum cu secundarul transformatorului de care vorbeam mai sus. Prin urmare dacă am măsura energia cheltuită pentru alimentarea circuitului şi energia cheltuită pentru încălzirea lui (prin trecerea curentului electric), vedem că această din urmă energie e mai mică. Constatăm aşa dar că lipseşte o anumită cantitate de energie pe care nu o putem regăsi pentru moment, căci n'a fost transformată în niciuna din formele obişnuite: lumină, căldură, reacţii chimice, lucru mecanic. Energia care lipseşte a fost transformată în energie radiată în formă de unde electromagnetice. Cu cât curentul îşi schimbă sensul mai repede, cu alte cuvinte cu cât îşi ridică frecvenţa cu atât creşte

energia astfel radiată. Energia radiată în formă de unde electromagnetice creşte cu pătratul frecvenţei.

Prin urmare pentru a radia cât mai multă energie trebue să întrebuinţăm frecvenţe cât mai ridicate. Iată de ce radiocomunicaţiile nu se fac şi nu se pot face cu frecvenţe joase ci numai cu frecvenţe înalte.

Aşa dar radiocomunicaţiile se bazează pe un fenomen,— să zicem «secundar» al inducţiei clasice, fenomen care o completează întotdeauna, e neglijabil pe frecvenţele joase şi devine predominant pe măsură ce se măreşte frecvenţa.

Dar fără formule matematice nu putem completa această explicaţie şi demonstraţia matematică nu-şi găseşte locul în cadrul restrâns al lucrării de faţă.

BIBLIOTECA M. BACIOIU

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA I-a

NOȚIUNI DE TEMEIU

Inainte de a intra în studiul radioelectricității trebue să împrospătăm noțiunile fundamentale, să le precizăm, să le adâncim, să le completăm. Buna înțelegere a unităților electrice, a câtorva legi și relații mai importante va închega baza trebuincioasă pentru desvoltările ulterioare.

Capitolele ce urmează constitue întrucâtva și un tablou de referință la care creditorul se va întoarce ori de câte ori va avea nevoie.

CAPITOLUL II

CURENTUL CONTINUU

ELECTRONUL

Particula de electricitate negativă

Materia este alcătuită din molecule, moleculele din atomi, iar atomii, au ca elemente constitutive principale, particule de electricitate pozitivă, *protonii*, particule neutre, *neutronii*, și particule de electricitate negativă, *electronii*.

Protonii și neutronii au o masă mai mare și formează miezul atomului care este așa dar pozitiv.

Electronii au o masă mai mică, sunt mai mobili și se învârtesc în jurul miezului ca planetele în jurul soarelui.

Masa electronului este de 1847 ($\pm$ 2) ori mai mică decât masa atomului de hidrogen. Electronii tuturor elementelor sunt identici.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IONII

Atomi sau grupuri de atomi încărcaţi cu electricitate

Atomul considerat în întregime este neutru, întru cât sarcina negativă a electronilor anulează sarcina pozitivă a protonilor.

Dar electronii pot părăsi atomul. Atunci atomul rămâne încărcat pozitiv. Atomul poate avea însă şi unul sau mai mulţi electroni în plus, şi atunci e încărcat negativ. Atomii astfel încărcaţi pozitiv sau negativ se numesc ioni. Ei transportă curentul electric în soluţiile electrolitice şi în gaze ionizate.

CORPURI BUNE ŞI RELE CONDUCĂTOARE DE ELECTRICITATE

Corpurile care au electroni liberi sunt bune conducătoare de electricitate şi se numesc conductori: arama, aluminium, cuprul, etc. Electronii liberi din aceste corpuri se deplasează în spaţiile interatomice şi intermoleculare şi roiesc în toate direcţiile.

Iar corpurile care n'au electroni liberi nu pot conduce electricitatea şi se numesc izolatori: sticla, ebonita, mica, etc.

NATURA CURENTULUI ELECTRIC, SENSUL ŞI VITEZA

Deplasările desordonate ale electronilor liberi, se pot canaliza (parţial) într'o anumită direcţie şi atunci produc curentul electric. Aşa dar curentul electric este o deplasare electronică îndreptată, canalizată, într'o direcţie.

Pentru a produce curentul electric se leagă de exemplu un conductor între două puncte electrizate diferit, şi astfel electronii se scurg dela un punct la altul.

Electrizarea acestor două puncte se face fie prin frecare, fie de preferinţă cu o sursă de curent, — bunăoară o pilă electrică, — care menţine diferenţa de electrizare şi

« pompează » astfel în mod continuu electronii ce se găsesc în conductor făcându-i să circule.

Dar curentul electric poate să rezulte şi din deplasarea ionilor în soluţii sau în gaze. Ionii negativi produc acelaşi efect ca şi electronii, pe când ionii pozitivi produc un efect invers, adică deplasarea lor într'o direcţie produce acelaşi câmp magnetic ca deplasarea sarcinilor negative în sens invers. Aşa dar în soluţii avem deplasări de ioni pozitivi şi negativi în două direcţii opuse şi efectele lor se însumează. Dar în solidele bune conducătore de electricitate curentul rezultă numai din deplasări electrice într'un singur sens, şi anume dela polul negativ la pozitiv.

E de notat că în tratatele de fizică şi de electricitate sensul curentului e considerat tocmai invers, adică dela pozitiv la negativ.

Nepotrivirea se explică prin faptul că acest din urmă sens a fost ales în mod arbitrar cu multe decenii în urmă când nu se cunoştea natura curentului electric, — pentru a putea formula diferite legi de electromagnetism. Această convenţie odată stabilită a rămas în picioare. Dar sensul adevărat al curentului în solide este *dela negativ la pozitiv*.

Viteza curentului electric e de aproape 300.000 de km pe secundă, cu toate că viteza electronilor e mult mai mică, circa 1000 km pe secundă, iar viteza de translaţie a electronilor e şi mai mică, de ordinul centimetrilor. Dar viteza de translaţie începe aproape instantaneu pe tot circuitul şi această mişcare se propagă cu viteza de aproape 300.000 km pe secundă [1]). Se poate compara circuitul electric cu o sfoară întinsă iar deplasarea sfoarei cu apariţia curentului electric. Deşi deplasarea poate fi foarte înceată ea apare aproape instantaneu pe toată întinderea sforii.

---

[1]) In circuitele aeriene viteza de propagare variază între 280 şi 290.000 klm. pe sec. după natura circuitului. In cable, viteza scade la 100.000 — 16.000 klm. pe sec. din cauza capacităţei şi inductanţei apreciabile a circuitului. In antenele acordate viteza de propagare e de circa 270.000 klm. pe sec.

COULOMB

Unitatea de cantitate de electricitate

Un corp care are un surplus de electroni e încărcat negativ iar un corp căruia îi lipsesc electroni e încărcat pozitiv.

Când numărul de electroni, — în plus sau în minus, — e de $6,28 \times 10^{18}$, corpul e încărcat cu o cantitate de electricitate egală cu 1 coulomb.

Coulombul este aşa dar unitatea de cantitate de electricitate după cum de exemplu $34,2 \times 10^{24}$, molecule de apă formează un litru, şi constitue unitatea de cantitate de apă.

Este evident că definiţiile de mai sus n'au un caracter practic, căci nimenea nu poate număra electronii şi atomii cum ar număra de exemplu bile său cărămizi, — şi chiar dacă s'ar putea face numărătoarea, ar dura mii şi mii de ani. Dar prin aceste definiţii ne-am fixat ideile şi am stabilit o comparaţie care deşi nu e tocmai exactă va fi foarte folositoare mai departe.

Unitatea de cantitate de electricitate se măsoară în practică prin cantitatea de substanţă ce se depune într'o baie electrolitică prin trecerea curentului.

Coulombul este cantitatea de electricitate care depune 1,118 miligrame de argint, trecând printr'o soluţie apoasă de nitrat de argint.

De notat că în definiţia de mai sus nu se spune în cât timp trebue să se facă această operaţie.

AMPER

Unitatea de intensitate de curent

După cum intensitatea unui curent de apă se măsoară prin debit, şi se exprimă prin numărul de litri ce trec în fiecare secundă printr'o secţiune a vânei de apă, — tot

astfel şi curentul electric se măsoară cu cantitatea de electricitate care trece printr'o secţiune şi se exprimă prin numărul de coulombi pe secundă.

Amperul este intensitatea unui curent care debitează un coulomb pe secundă.

Mai putem spune că e intensitatea curentului care depune 1,118 miligrame de argint *pe secundă*, — trecând printr'o soluţie de nitrat de argint.

FORŢA ELECTROMOTRICE

Dacă legăm printr'o sârmă un corp încărcat pozitiv de altul încărcat negativ se naşte un curent electric care încetează după foarte scurtă vreme de îndată ce ambele corpuri au ajuns la aceeaşi « concentraţie » electronică.

Pentru a menţine curentul, cele două corpuri trebuesc menţinute în starea lor de electrizare. Aceasta se face de sursele de curent, — de exemplu o pilă electrică, — care produc o forţă electromotrice, care « pompează » electronii.

Forţa electromotrice este cauza sau acţiunea capabilă să menţie o diferenţă de tensiune electrică între două puncte ale unui circuit deschis, sau de a întreţine un curent electric într'un circuit închis.

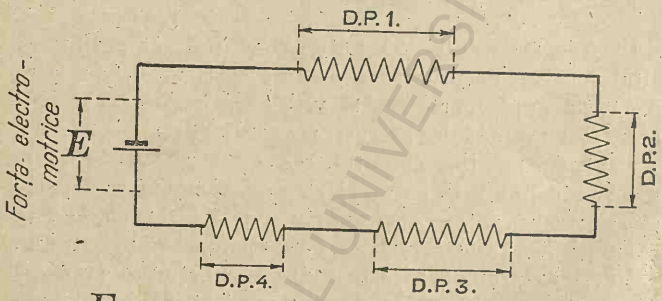
Forţa electromotrice se poate produce în mai multe feluri:

1. Prin *reacţii chimice*, pile şi acumulatori.
2. *Termocuplu*, prin încălzirea contactului între doi conductori de diferite materiale.
3. Pe cale *electromagnetică*, prin tăierea unui conductor cu linii de forţă magnetice.
4. Pe cale *electrostatică*, prin maşini de frecare şi inducţie electrostatică (Wimshurst, etc.).
5. Prin *celule fotoelectrice*.
6. Prin *piezo-electricitate*, adică prin deformarea mecanică a cristalelor produsă prin comprimare (sau întindere).
7. Prin *piro-electricitate*, adică prin încălzirea cristalelor.

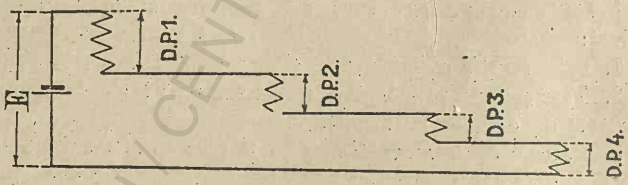
DIFERENȚA DE POTENȚIAL

Diferența de potențial, este diferența de electrizare pe care o produce curentul prin trecerea sa între două puncte ale circuitului electric.

De notat reversibilitatea fenomenului: forța electromotrice (diferența de electrizare) produce curent, curentul la rândul lui produce o diferență de electrizare între punctele prin care circulă. Suma diferențelor de potențial dintr'un circuit, este egală cu forța electromotrice (fig. 1).



$$E = D.P.1 + D.P.2 + D.P.3 + D.P.4$$



$$E = D.P.1. + D.P.2. + D.P.3. + D.P.4.$$

Fig. 1. — Forță electromotrice și diferență de potențial

Pentru a rezuma cele de mai sus, se poate spune că forța electromotrice e cauza curentului iar diferența de potențial e efectul curentului.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

VOLT

Unitatea de forţă electromotrice şi de diferenţă de potenţial

După cum căderea unui litru de apă dela un nivel la alt nivel produce un anumit lucru tot astfel şi trecerea unui coulomb dela o tensiune electrică la altă tensiune mai mică produce de asemenea un anumit lucru.

Voltul este acea diferenţă de tensiune electrică care face ca fiecare coulomb să producă un lucru de un joul[1]) *când trece dela o tensiune la alta.*

OHM

Unitatea de rezistenţă electrică

După cum ţevile opun o rezistenţă la trecerea apei, producând pierderi prin frecare care se transformă în căldură, tot astfel şi sârmele opun o rezistenţă curentului electric şi se încălzesc prin ciocnirile dintre electroni şi atomi.

Unitatea de rezistenţă electrică este acea care produce o înclăzire echivalentă cu un joul, la trecerea fiecărui coulomb. Aşa dar, *ohmul este rezistenţa care lasă să treacă un curent de un amper sub o diferenţă de potenţial de un volt.*

In deosebire de unităţile oarecum abstracte considerate până aci, coulomb, amper, volt, — ohmul este o unitate care poate fi definită şi într'un mod concret.

Ohmul este rezistenţa unei coloane de mercur cu secţiunea de 1 mm^2, *lungă de 106,3 cm. la 0° centigrade* [2]).

De notat că în această definiţie nu intră niciuna din unităţile anterioare.

---

[1]) 1 joul $= \frac{1}{9,81} = 0,102$ kilogrametri.

[2]) S'a ales mercurul fiindcă e mai uşor de obţinut în stare pură decât alte metale şi fiindcă e lichid, aşa încât nu mai intervine şi structura sau granulaţia metalului care modifică rezistenţa specifică.

LEGEA LUI OHM

Există o relaţie foarte simplă între ultimele trei unităţi, amper, volt, ohm, — cunoscută sub numele de legea lui Ohm, abaca din fig. 2-a.

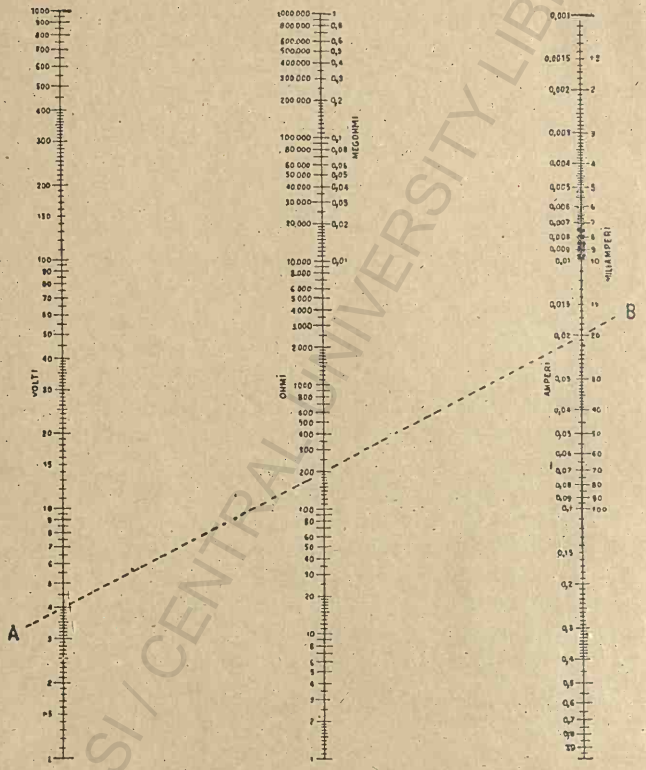


Fig. 2-a. — Abacă pentru aplicarea legii lui Ohm, $I = \frac{E}{R}$

Intensitatea curentului într'un circuit dat, este cu atât mai mare, cu cât tensiunea aplicată e mai mare şi cu cât

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

rezistența ohmică e mai mică. Această constatare oarecum firească se exprimă astfel:

$$I = \frac{E}{R}$$

sau

$$E = IR$$

In care

I = intensitatea curentului în amperi.
E = forța electromotrice în volți și
R = rezistența în ohmi.

ceea ce înseamnă că dacă dispunem de o anumită forță electromotrice E, produsul—curent înmulțit cu rezistență—rămâne constant, adică pe măsură ce crește rezistența se micșorează intensitatea curentului și vice-versa.

Așa dar o anumită forță electromotrice produce într'o rezistență dată un curent de o anumită intensitate.

Invers, dacă printr'o rezistență dată trece un anumit curent, apare la capetele rezistenței o anumită diferență de potențial, o cădere de tensiune.

Aplicând legea lui Ohm, căderea de tensiune provocată de o rezistență e egală cu rezistența înmulțită cu intensitatea curentului care trece prin ea.

$$E = IR$$

Așa dar căderea de tensiune produsă de o rezistență dată e proporțională cu forța electromotrice aplicată.

Exemplu numeric.

Ce curent va trece printr'o rezistență de 2 ohmi care se alimentează la 6 V?

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{2} = 3 \text{ amperi}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acum dacă această rezistenţă de 2 ohmi se află undeva într'un circuit şi e parcursă de un curent de 3 amperi, vom constata că există la capetele ei o diferenţă de potenţial de 6 V.

Aşa dar rezistenţa de 2 ohmi parcursă de 3 amperi, produce o pierdere de tensiune de 6 volţi.

Aceeaşi rezistenţă parcursă de exemplu de 30 de amperi produce o pierdere de tensiune de 60 V, ş. a. m. d.

Revenind acum la noţiunea de rezistenţă, vedem din legea lui Ohm că poate fi definită ca *raportul constant între forţa electromotrice aplicată şi curentul rezultant:*

$$R = \frac{E}{I}$$

Dar rezistenţa mai poate fi exprimată şi altfel, prin dimensiunile fizice ale conductorului şi prin natura materialului, precum am văzut mai sus, la a doua definiţie a ohm-ului.

Rezistenţa depinde în primul rând de natura materialului, care se exprimă printr'un coeficient ρ şi în al doilea rând de forma lui. Rezistenţa e cu atât mai mare cu cât conductorul e mai lung şi cu cât secţiunea sa e mai mică.

Avem

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

în care

R rezistenţa conductorului în ohmi.

ρ rezistenţa specifică [1]), exprimată de exemplu pe unitate de lungime în kilometri şi unitate de secţiune în mm².

l lungimea, — exprimată pentru coeficientul de mai sus în kilometri.

s suprafaţa secţiunii, — exprimată pentru coeficientul de mai sus în mm².

---

[1]) Rezistenţa specifică se mai numeşte şi *rezistivitate.*

Iată câteva valori pentru ρ («*l*» în klm «*s*» în mm²):

Argint	16	rez. de	0,94	ori	mai	mare	decât	cuprul
Cupru industr.	17	»						
Aluminiu	30	»	» 1,76	»	»	»	»	»
Nichelină . .	40	»	» 2,35	»	»	»	»	»
Fier	103	»	» 6,05	»	»	»	»	»
Plumb	207	»	» 12, 2	»	»	»	»	»
Mercurul . . .	950	»	» 55, 9	»	»	»	»	»

Exemplu numeric. Care este rezistența unei sârme de aluminiu de 0,2 cm diametru, lungă de 875 m? Ce curent va trece prin această sârmă dacă i se aplică la capete o forță electrometrice de 4 volți?

Exprimând suprafața secțiunii în mm² și lungime în km. avem

$$R = 30 \times \frac{0,875}{3,14} = 8,35 \text{ ohmi}$$

$$I = \frac{4}{8,35} = 0,478 \text{ amperi}$$

Abaca din fig. 2 b ne dă prin citire directă rezistența unei sârme de aramă de un anumit diametru și de o anumită lungime.

Evident că această abacă ne dă oricare din cele trei mărimi (rezistența, lungimea și diametrul) când cunoaștem două din ele.

Legile lui Kirchhoff

Legea I. In orice punct în care se întâlnesc mai mulți conductori, suma intensităților curenților care vin spre acel punct este egală cu suma intensităților curenților care pleacă din acel punct.

Această lege ilustrată în fig. 3 este evidentă mai ales dacă ne referim la comparația hidraulică, întru cât nu

poate să plece din punctul *N* mai multă apă decât vine în acel punct, — dar nici mai puțină.

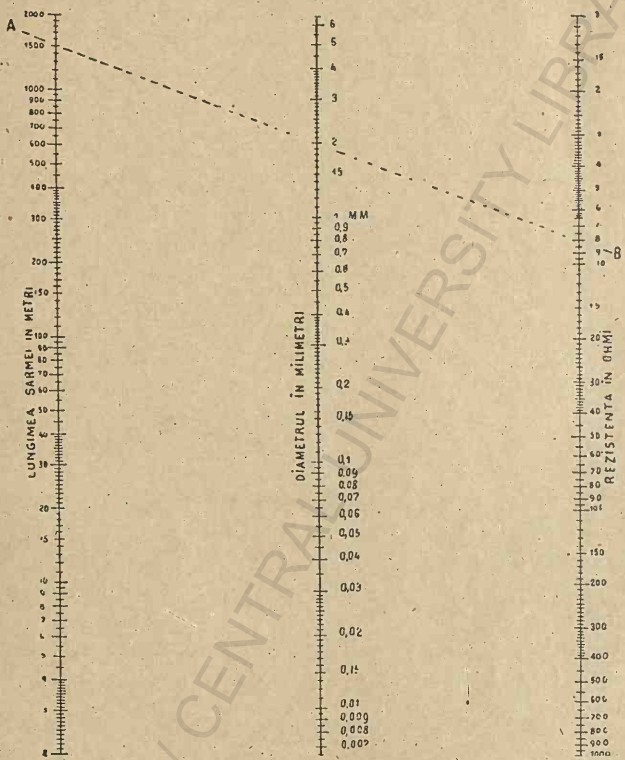
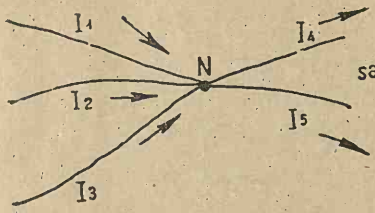


Fig. 2 b. — Abacă pentru calcularea rezistenței firelor de cupru. Exemplu, linia A B: l = 1500 m, d = 2 mm, R = 8 ohmi

Legea II. In orice circuit (izolat sau făcând parte dintr'o rețea complexă) suma forțelor electromotrice este egală cu suma căderilor de tensiune.

Căderile de tensiune fiind egale cu produsul între curent și rezistență, ajungem la expresia din fig. 4. E de

notat că însumarea forțelor electromotrice, se face ținând seama de sensul lor.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

sau $I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$

și generalizând

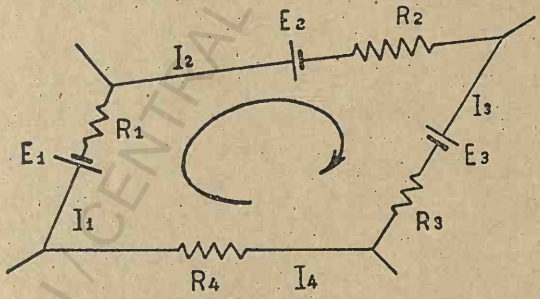
$$\sum I = 0$$

Fig. 3. — Prima lege a lui Kirschhoff

Legarea rezistențelor în serie și în paralel

Legile lui Kirchhoff găsesc nenumărate aplicații. Vom considera două cazuri simple.

— Dacă circuitul din figura 4 e izolat (adică fără ramificațiile reprezentate, care-l leagă de o rețea complexă) atunci I are aceeași valoare.



$$E_1 + E_3 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4$$

și generalizând

$$\sum E = \sum IR$$

Fig. 4. — A doua lege a lui Kirschhoff

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

poate să plece din punctul *N* mai multă apă decât vine în acel punct, — dar nici mai puțină.

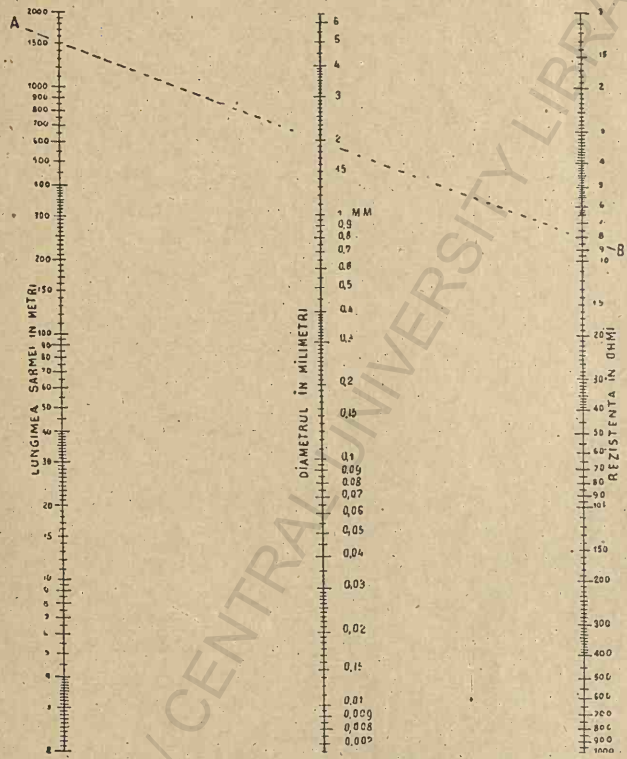


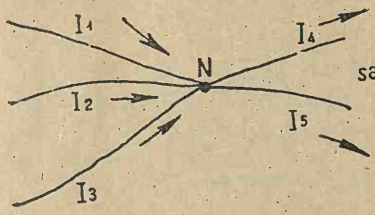
Fig. 2 b. — Abacă pentru calcularea rezistenței firelor de cupru. Exemplu, linia A B: l = 1500 m, d = 2 mm, R = 8 ohmi

Legea II. In orice circuit (izolat sau făcând parte dintr'o rețea complexă) suma forțelor electromotrice este egală cu suma căderilor de tensiune.

Căderile de tensiune fiind egale cu produsul între curent și rezistență, ajungem la expresia din fig. 4. E de

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

notat că însumarea forțelor electromotrice, se face ținând seama de sensul lor.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

sau $I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$

și generalizând

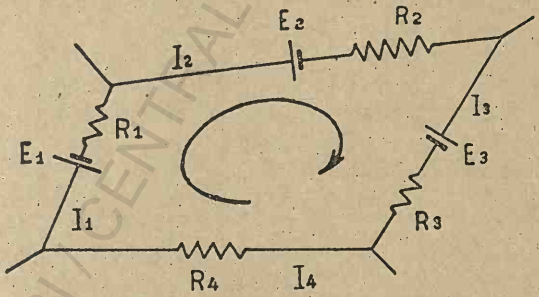
$$\sum I = 0$$

Fig. 3. — Prima lege a lui Kirschhoff

Legarea rezistențelor în serie și în paralel

Legile lui Kirchhoff găsesc nenumărate aplicații. Vom considera două cazuri simple.

— Dacă circuitul din figura 4 e izolat (adică fără ramificațiile reprezentate, care-l leagă de o rețea complexă) atunci I are aceeași valoare.



$$E_1 + E_3 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4$$

și generalizând

$$\sum E = \sum IR$$

Fig. 4. — A doua lege a lui Kirschhoff

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Și dacă considerăm numai o singură sursă electromotrice avem:

$$E = I\,(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

Așa dar rezistențele legate în serie dau o rezistență rezultantă R_R, egală cu suma rezistențelor componente.

La această concluzie putem ajunge și pe altă cale. Considerând de exemplu două rezistențe identice legate în serie, se dublează «l» din formula

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

pe când «ρ» și «s» rămân neschimbați, așa încât se dublează «R».

— Să considerăm acum cazul al doilea, rezistențele legate în paralel fig. 5.

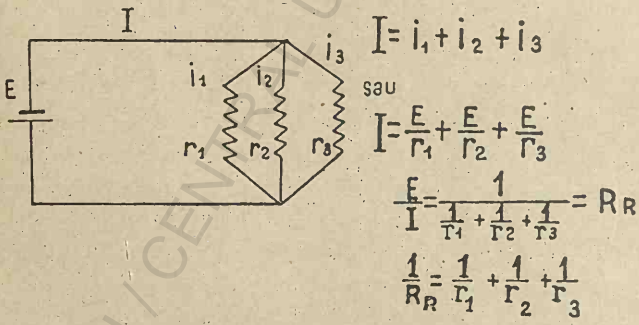


Fig. 5. — Legarea rezistențelor în paralel, deducerea rezistenței rezultante

Referindu-ne iar la formula rezistenței dată mai sus și considerând cazul simplu a două rezistențe identice legate în paralel, e evident că se dublează «s» și că prin

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

urmare se reduce la jumătate valoarea lui « *R* ». Fig. 6 rezumă cele stabilite mai sus.

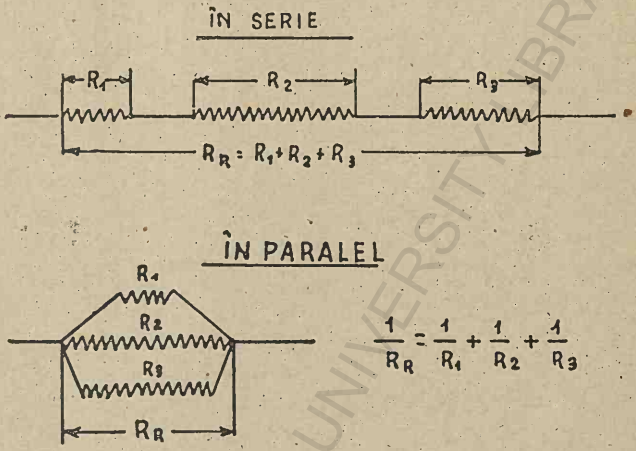


Fig. 6. — Legarea rezistențelor în serie și în paralel, formulele rezistențelor rezultante

Abaca din fig. 7 dă prin citire directă, rezistența rezultantă a două rezistențe legate în paralel. Dacă avem trei rezistențe legate în paralel, se determină întâi cu ajutorul abacei rezultanta a două din aceste rezistențe și după aceea se combină această rezultantă cu a treia rezistență.

Pentru un număr mai mare de rezistențe se procedează tot în felul acesta.

De notat că inversul rezistenței se mai numește și conductanță și se exprimă în *Mho* (inversul cuvântului Ohm) [1]).

---

[1]) Inversul rezistenței specifice (rezistivitate) se numește *conductibilitate*.

BUCHAREST UNIVERSITY LIBRARY

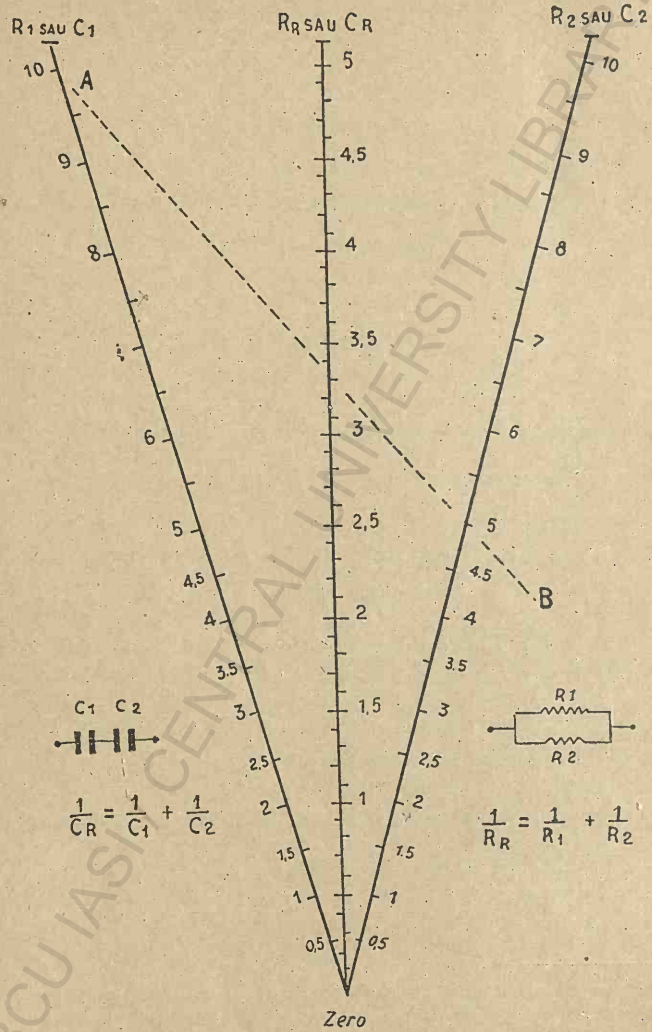


Fig. 7. — Abacă pentru calcularea rezistenţelor legate în paralel şi a condensatorilor legaţi în serie. Exemplu linia A B. legând o rezistenţă de 10 ohmi în paralel cu o rezistenţă de 5 ohmi, rezistenţa rezultantă este de 3,3 ohmi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Mho_R = Mho_1 + Mho_2 + Mho_3 + \text{etc.}$$

Adică conductanța rezultantă este egală cu suma conductanțelor componente. Avem așa dar aceeași formulă ca la legarea rezistențelor în serie.

Exemple numerice. Care va fi intensitatea curentului ce trece printr'o rezistență de 3 ohmi legată de o baterie care produce o forță electromotrice de 10 volți și are o rezistență interioară de 2 ohmi? (fig. 8).

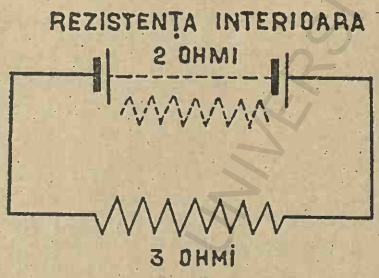


Fig. 8. — Rezistențe în serie

Curentul va fi egal cu $I = \frac{10}{3 + 2} = 2$ amperi.

— Care e intensitatea curentului debitat de bateria de mai sus dacă se descarcă pe două rezistențe montate în paralel, una de 50 de ohmi și cealaltă de 100 ohmi?

$$\frac{1}{R_R} = \frac{1}{50} + \frac{1}{100}$$

deci $R_R = 33$ ohmi, valoare ce se poate citi pe abaca din fig. 7, înmulțind cu 10.

$$I = \frac{10}{33 + 2} = 0{,}285 \text{ amperi}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

E de notat că în calculele obișnuite nu se ține seama de rezistența sursei de curent (în cazul de față 2 ohmi), fiindcă e de obiceiu neglijabilă față de rezistența sarcinei.

Potențiometrul

Prin potențiometru se înțelege o rezistență montată pe o sursă de tensiune și prevăzută cu un cursor. Prin deplasarea cursorului se obține variația de tensiune de care avem nevoie.

Fig. 9 reprezintă montarea unui potențiometru pe o baterie.

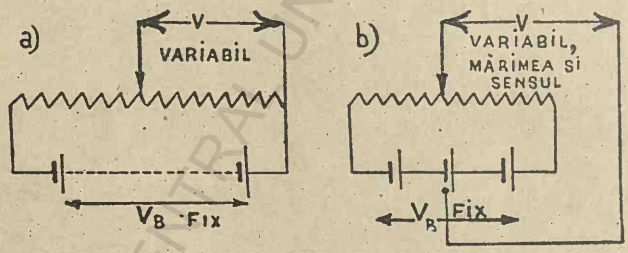


Fig. 9. — Montarea potențiometrului

In cazul *a* se variază tensiunea dela zero la tensiunea bateriei V_B, iar în cazul *b* se variază tensiunea dela $+\frac{BV}{2}$ la $-\frac{VB}{2}$ prin faptul că s'a luat o priză dela mijlocul bateriei.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

JOUL

Unitate de lucru

1 Joul este egal cu 1/9,81 = 0,102 kilogrametri.

E lucrul pe care-l face un coulomb când coboară la o diferenţă de nivel, — sau de tensiune — egală cu 1 volt.

WAT

Unitate de putere

Un wat este un joul pe secundă, deci 1/9,81 kilogrametri pe secundă.

Dar se mai întrebuinţează şi altă unitate de putere, calul.

Un cal putere corespunde cu 75 kilogrametri pe secundă.

Deci

$$1 \text{ cal putere} = \frac{0{,}102}{75} = 736 \text{ waţi} = 0{,}736 \text{ kilowaţi.}$$

sau

1 kw. = 1,36 cai putere.

LEGEA LUI JOUL

Legea lui Joule

Căldura produsă într'o rezistenţă prin trecerea curentului depinde de intensitatea curentului de mărimea rezistenţei şi de timpul cât trece curentul.

Un acelaşi curent produce o încălzire mai mare într'o rezistenţă mai mare, căci «frecarea» e mai mare. Curentul care trece prin cordonul electric nu-l încălzeşte în mod perceptibil, dar încălzeşte până la incandescenţă firul lămpei care e alimentat prin cordonul rece.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De asemenea încălzirea se mărește pe măsură ce crește curentul. Aceste concluzii sunt evidente. Dar pentru o exprimare precisă trebue să ne întoarcem la definițiile anterioare.

După cum lucrul făcut într'un circuit hidraulic este egal cu numărul de litri sau de kilograme de apă care au coborît dela un nivel la altul și se exprimă în kilogrametri

$$\text{kilogrametri} = \text{kilograme} \times \text{metri},$$

iar puterea se exprimă prin lucru făcut în unitate de timp

$$\text{lucru} = \text{kilogrametri pe secundă},$$

tot astfel avem și în electricitate

$$\text{lucru} = \text{coulombi pe secundă} \times \text{volți}$$

$$\text{wat} = \text{amperi} \times \text{volți} \qquad (1)$$

(1 joul pe secundă)

Dar

$$\text{volt} = \text{amper} \times \text{rezistență}$$

Inlocuind această valoare a voltajului în (1) avem:

$$\text{wat} = \text{amperi}^2 \times \text{rezistență}$$

Așa dar

$$W = I^2R$$

formulă foarte importantă, care exprimă puterea în wați în funcție de intensitatea curentului și de rezistență.

Această expresie ne dă o nouă definiție a rezistenței

$$R = \frac{W}{I^2}$$

Așa dar rezistența e raportul între puterea absorbită (adică transferul de putere) și pătratul curentului.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Această formulă se aplică şi la curentul alternativ, — indiferent de forma sub care e absorbită puterea: căldură, curenţi Foucault, radiaţia undelor electromagnetice de către antenele de emisiune, etc.

Căldura produsă prin trecerea unui curent e dată de formula:

$$Q = I^2Rkt$$

în care

Q = cantitatea de căldură desvoltată în calorii gram.
k = 0,239, un coeficient determinat experimental.
I = intensitatea curentului în amperi.
R = rezistenţa în ohmi.
t = timpul în secunde.

Căldura produsă prin trecerea curentului electric, trebue să se scurgă în spaţiul înconjurător. Scurgerea căldurei se face prin radiaţie, conductibilitate şi convexiune.

In general, cu cât rezistenţa este mai mică, cu atât scurgerea căldurei se face mai anevoie, întru cât căile de scurgere sunt evident mai înguste.

Şi pentru ca toată căldura produsă în unitate de timp să se poată scurge în unitate de timp pe aceste căi înguste, trebue să se producă o mare diferenţă de temperatură. Cu alte cuvinte rezistenţa se încălzeşte şi se poate încălzi peste măsură, se poate strica.

Limita temperaturei admise variază dela caz la caz, după constituţia rezistenţei, a suportului etc. Şi deoarece temperatura depinde de curent, se specifică curentul maxim ce poate trece printr'o rezistenţă dată.

Aşa dar orice rezistenţă este caracterizată nu numai prin valoarea ei exprimată în ohmi, dar şi prin curentul maxim pe care îl poate duce fără a se strica. Acest curent maxim sau această sarcină maximală, se exprimă de obiceiu în waţi.

Exemplu numeric. Ce curent poate duce o rezistență de 100 ohmi și de 2 wați? Avem:

$$W = I^2 R$$

sau

$$I = \sqrt{\frac{W^2}{R}} = \sqrt{\frac{2^2}{100}} = 0{,}2 \text{ Amperi}$$

FARAD

Unitatea de capacitate electrică

Capacitatea este măsura unui condensator electric. Aceata constă din două plăci bune conducătoare de electricitate, așezate față în față și despărțite printr'un corp izolator numit în acest caz dielectric (fig. 10).

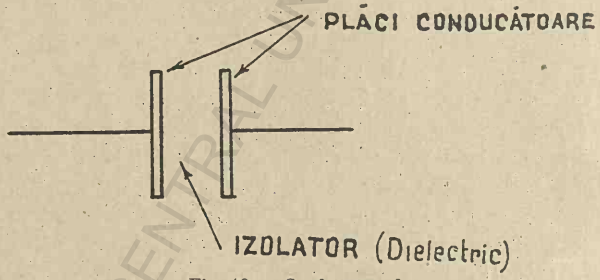


Fig. 10. — Condensatorul

Condensatorul poate fi considerat ca un rezervor de electroni, sau mai exact ca un rezervor de energie.

O comparație mecanică va lămuri definiția faradului care e dată mai departe.

Capacitatea unui rezervor de gaz poate fi exprimată prin raportul constant între cantitatea de gaz ce cuprinde rezervorul și presiunea la care se află acest gaz. Așa de exemplu un rezervor de 1 m³ cuprinde:

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1 kgr de aer la o presiune de 1 atmosferă
2 » » » » » » » 2 atmosfere
3 » » » » » » » 3 » ş. a. m. d.

Un rezervor de 2 m³ cuprinde:

1 kgr de aer la o presiune de 0,5 atmosfere
2 » » » » » » » 1 »
3 » » » » » » » 1,5 » ş. a. m. d.

Aşa dar

$$\text{capacitatea} = \frac{\text{cantitatea de aer}}{\text{presiune}}$$

In primul exemplu de mai sus găsim întotdeauna raportul 1, iar în al doilea exemplu raportul 2.

De asemenea capacitatea electrică se exprimă astfel:

$$\text{capacitatea} = \frac{\text{cantitatea de electricitate}}{\text{tensiunea sub care se afla}}$$

sau

$$\text{Farad} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$$

Faradul este capacitatea care înmagazinează o cantitate de electricitate egală cu un coulomb, sub o tensiune de 1 volt [1]).

Faradul fiind o capacitate foarte mare se întrebuinţează de obiceiu submultiplii săi microfaradul, $\mu F = 1/1.000.000$ sau o altă unitate cunoscută sub numele de centimetru.

[1]) Cantitatea de electricitate totală acumulată de un condensator pe cele 2 armături este zero, deoarece acestea se încarcă cu sarcini egale şi de semn contrar, suma lor fiind zero. Aşa dar prin cantitatea de electricitate cu care e încărcat un condensator se înţelege sarcina electrică a *uneia* din cele două armături.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Avem:

$$1/1.000\ \mu F = 900 \text{ cm.}$$

Se întrebuinţează foarte mult şi picofaradul:

$$1 \text{ picofarad} = 1\ \mu\mu F$$

deci

$$1 \text{ picofarad} = 0{,}9 \text{ cm.}$$

In Anglia se mai întrebuinţează şi unitatea «jar»

$$1 \text{ jar} = 1000 \text{ cm.}$$

Dar condensatorul este în fond un rezervor de energie electrică, înmagazinată în formă de câmp electrostatic. Definiţia energetică a faradului este următoarea:

Faradul este capacitatea unui condensator care înmagazinează în formă de câmp electrostatic o energie de ½ jouli sub o tensiune de 1 volt.

De notat că energia e de *jumătate* joul şi nu de 1 joul întreg, pentru simplul motiv că tensiunea scade treptat în timpul descărcării dela 1 volt la 0, aşa încât tensiunea mijlocie sub care se face descărcarea coulombului este de ½ volt şi ca atare lucrul făcut e de ½ jouli.

Dacă se schimbă dielectricul, capacitatea condensatorului se schimbă şi ea. Dacă noul izolator dă o capacitate de trei ori mai mare decât avea condensatorul cu aer [1]), spunem că acel izolator are o constantă dielectrică 3. Dacă capacitatea creşte de 5 ori, avem o constantă dielectrică 5, ş. a. m. d.

Iată câteva constante dielectrice:

---

[1]) Din cele de mai sus rezultă că aerul are o constantă dielectrică 1. Lucrul acesta nu este riguros exact, întru cât nu aerului ci vidului i s'a atribuit, — în mod arbitrar — constanta dielectrică 1. Aerul are constanta dielectrică 1,0006, adică o valoare foarte apropiată de 1, şi în practică nu se ţine seamă de zecimală.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ebonita	2—3
Sticla	4—10
Hârtie uscată	1,5
Mica	5
Parafina	2—2,3

Capacitatea unui condensator e dată de formula

$$C = \frac{KS}{4\pi d}$$

în care

C = capacitatea în cm.
K = constanta dielectrică.
S = suprafața *unei* plăci în cm².
d = distanța dintre plăci în cm.

Această formulă se mai poate scrie și așa:

$$C = 0{,}08842\, K \frac{S}{d}$$

în care

C = capacitatea în μF.
S = suprafața în cm².
d = distanța în cm.

Rigiditate dielectrică

Când un izolator este supus la o tensiune electrică prea mare se produce o scânteie și izolatorul e străpuns.

Tensiunea la care este străpuns un strat izolator de 1 mm se numește *rigiditate dielectrică.*

Iată câteva valori:

Sticla	10.000 — 40.000 V
Ebonita	50.000 V
Mica	20.000 — 30.000 V
Aer	4.300 V

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De aci rezultă că un anumit condensator, nu mai poate fi utilizat când tensiunea depăşeşte o anumită limită, care este tensiunea de străpungere sau de « clacare ».

In funcţionarea normală nu se admite decât o tensiune aproximativ de 3 ori mai mică decât tensiunea de clacare.

Aşa dar condensatorul este caracterizat atât prin capacitate, cât şi prin tensiunea de lucru.

Pierderi în dielectric

Un condensator ideal trebue să restitue toată energia înmagazinată.

In practică se produc pierderi, nu atât prin scurgeri electrice, adică prin conductibilitate, cât mai ales printr'o uşoară încălzire a dielectricului.

Pierderile rămân aproape aceleaşi la diferite frecvenţe şi se exprimă de obiceiu prin « factorul de putere ».

Factorul de putere exprimă fracţia de energie pierdută, şi este foarte mic. Iată câteva valori determinate la frecvenţa de 1.000 Kc (300 m):

Vid sau aer	0
Mică	0,0001—0,0007
Sticlă	0,006 —0,008
Hârtie parafinată	0,01 —0,04
Bachelită	0,02 —0,09
Lemn	0,03 —0 065

De aci rezultă că un condensator e caracterizat nu numai prin capacitatea sa şi tensiunea de lucru, dar şi prin pierderile care le produce, adică prin « factorul de putere ».

După cum vom vedea mai departe, aceste pierderi deşi mici, sunt câteodată foarte importante, mai ales în circuitele acordate unde slăbesc semnalele şi reduc selectivitatea.

Legarea condensatorilor în paralel și în serie

Să luăm acum doi condensatori C_1 și C_2 de aceeași construcție și să-i legăm *în paralel*. Prin aceasta am mărit suprafața unui condensator cu suprafața celuilalt. Și deoarece capacitatea depinde precum am văzut de suprafața « S » (formula din pag. . .), capacitatea rezultantă C_R devine

$$C_R = C_1 + C_2$$

Această formulă rămâne valabilă și dacă condensatorii nu sunt de aceeași construcție (de exemplu unul cu mică și altul cu aer). Generalizând avem:

$$C_R = C_1 + C_2 + C_3 \text{ etc.} \qquad (1)$$

Să considerăm acum mai mulți condensatori legați *în serie*.

La aplicarea unei tensiuni electrice se stabilește un curent de scurtă durată până ce apare la punctele terminale *A B* tensiunea *V* a sursei electrice (fig. 10 bis). In

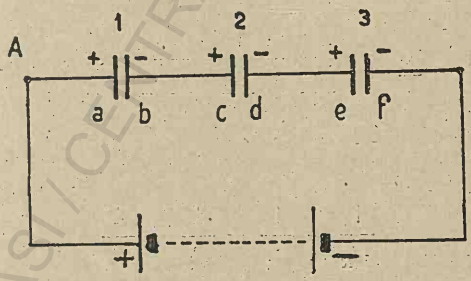


Fig. 10 bis. — Legarea condensatorilor în serie

timpul acesta un număr oarecare de electroni se deplasează dela armătura *a* a condensatorului 1, prin bateria de pile

la armătura f a condensatorului 3. Să notăm sarcina electrică a acestor urmături cu Q.

Este însă evident că aceste sarcini trebuesc echilibrate cu sarcini egale şi de semn contrariu ce apar pe armăturile b şi e şi implicit pe armăturile c şi d. Aşa dar fiecare condensator se încarcă cu aceeaşi cantitate de electricitate Q. Condensatorii mai mari se încarcă la o tensiune mai mică şi condensatorii mai mici se încarcă la o tensiune mai mare. Notând capacităţile cu C_1 C_2 şi C_3 precum am arătat mai sus, şi tensiunile respective cu V_1 V_2 şi V_3 avem:

$$Q = C_1V_1 = C_2V_2 = C_3V_3$$

Dar tensiunea totală V trebue să fie egală cu suma tensiunilor la bornele celor 3 condensatori:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$V = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right) \quad \text{de unde}$$

$$\frac{Q}{V} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = C_R$$

C_R fiind capacitatea rezultantă, avem

$$\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (2)$$

De notat că cele două formule stabilite mai sus (1) şi (2) sunt la fel cu formulele pentru legarea rezistenţelor în serie şi în paralel cu deosebirea că *se aplică invers.*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

HENRY

Unitatea de inductanță

Pentru a lămuri mai bine unitatea de inductanță vom aminti mai întâi ce este inducția.

Prin inducție electromagnetică se înțelege producerea forțelor electromotrice prin tăierea liniilor de forță magnetice de către un conductor.

Astfel putem produce o forță electromotrice de inducție fie prin:

1. deplasarea unui magnet permanent (sau a unui electromagnet) față de un conductor (de exemplu o bobină), sau prin

2. variația intensității curentului într'un conductor învecinat, cazul transformatorilor (primarul fiind parcurs de un curent alternativ, așa dar de intensitate variabilă, — produce un curent în secundar).

— Când forța electromotrice se produce într'un alt circuit, — ca la transformator, — avem *inducție mutuală.*

Când considerăm forța electromotrice pe care o produce inducția în circuitul parcurs de curentul sursei, avem *self inducție.*

Precum am văzut, inducția este produsă prin linii de forță și ca atare posibilitatea ce o are un circuit de a produce inducția, e determinată de prezența mai mult sau mai puțin numeroasă a acestor linii de forță. Numărul liniilor de forță depinde de doi factori:

1. de intensitatea curentului, și

2. de mărimea și forma conductorului.

Acest din urmă factor de mărime și de formă este *inductanța.*

Inductanța exprimă așa dar efectul magnetic produs de un conductor prin trecerea unui anumit curent. Când acest curent se dublează, efectul magnetic se dublează ș. a. m. d.

Inductanța este raportul constant între fluxul magnetic[1]) *produs de un curent și intensitatea sa.*

Henry-ul este inductanța unui conductor care, străbătut de un curent de 1 amper, înmagazinează în formă de flux magnetic o cantitate de energie de ½ joul.

Inmagazinarea acestei energii se face pe seama curentului care crește treptat la stabilirea contactului; iar în momentul întreruperei, energia fluxului magnetic e restituită în formă de curent suplimentar fig 11. Acest schimb

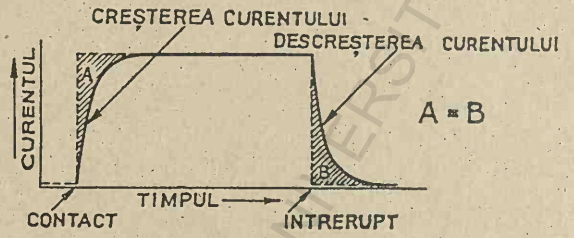


Fig. 11. — Trecerea curentului continuu printr'o inductanță. Variația intentității la stabilirea contactului și la întreruperea lui

de energie curent-flux și flux-curent se manifestă prin apariția unei forțe electromotrice care se opune curentului când apare, și își schimbă sensul pentru a trece în direcția curentului când dispare, producând astfel un extracurent.

Henry-ul este inductanța care produce o forță electromotrice de un volt când intensitatea curentului variază cu 1 amper pe secundă.

Henry-ul este o inductanță foarte mare. In circuitele radioelectrice se întrebuințează mai mult milihenry-ul (1/1000 henry) și microhenry-ul (1/1.000.000 henry).

Prin inductanță se înțelege nu numai proprietatea electrică a unui circuit așa cum a fost definită mai sus,

[1]) Fluxul magnetic este numărul liniilor de forță ce trece printr'o suprafață.

ci şi conductorul material care are această proprietate. Astfel în loc de « bobină » se spune « inductanţă ».

Cuplajul « M »

Inductanţa mutuală sau cuplajul se desemnează prin « M » care nu poate depăşi valoarea

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

în care L_1 şi L_2 sunt cele două inductanţe.

Coeficientul de cuplaj « k »

Câteodată inductanţa mutuală se exprimă printr'o fracţie care exprimă valoarea cuplajului faţă de valoarea maximă indicată mai sus. In acest caz cuplajul se desemnează prin litera « k ».

Avem

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

k variază aşa dar între 0 şi 1.

Tensiunea indusă

Tensiunea indusă printr'un cuplaj « M » de un curent alternativ I cu o frecvenţă f este de

$$2\pi f MI \text{ volţi sau}$$

$$\omega MI \text{ volţi,}$$

ştiut fiind că termenul $2\pi f$ se reprezintă prin litera ω care desemnează pulsaţia.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Legarea inductanţelor în serie si în paralel când nu există cuplaj între ele

Se aplică aceleaşi formule ca la legarea rezistenţelor în serie şi în paralel (fig. 7).

Inductanţele cuplate şi legate în serie

Avem

$$L_R = L_1 + L_2 \pm 2\,M$$

în care M este inductanţa mutuală care se adună sau se scade după sensul relativ al curentului din cele două bobine.

Inductanţe cuplate şi legate în paralel

Avem

$$L_R = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2\,M} \quad \text{sau} \quad L_R = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2\,M}$$

după cum sensul cuplajului e pozitiv sau negativ.

Inductanţe cu aer şi cu miez de fier

După cum valoarea unui condensator depinde şi de constanta dielectricului, tot astfel valoarea unei inductanţe depinde şi de caracteristica mediului înconjurător, numită *permeabilitate* care se reprezintă prin litera μ.

Să notăm cu H intensitatea câmpului magnetic (numărul de linii de forţă pe cm² ce trece prin aer) într'un anumit spaţiu. H se exprimă în oerstezi [1]). Dacă introducem în

[1]) « Oersted »-ul se numea înainte « Gauss ». Denumirea a fost schimbată la Congresul internaţional de electricitate dela Oslo din 1931.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acest spaţiu o bucată de fier, constatăm că prin fier trec mult mai multe linii de forţă decât prin aer, întru cât fierul le strânge — şi mai mult decât atât, se magnetizează producând noui linii de forţă.

Raportul între numărul de linii de forţă ce trec prin fier faţă de numărul de linii de forţă ce trec prin aer ne dă permeabilitatea şi se exprimă prin μ. Valoarea lui μ pentru fier variază după intensitatea câmpului magnetic şi poate atinge de exemplu valori de câteva sute.

Produsul

$$\mu H = B$$

şi « B » se numeşte *inducţia magnetică.*

Aşa dar « B » reprezintă numărul liniilor de forţă pe cm² într'un mediu dat. « B » se exprimă în gauşi.

Cum însă în practică o inductanţă nu este şi nu poate fi complet înconjurată de fier, valoarea inductanţei depinde nu numai de permeabilitatea fierului ci şi de forma şi de mărimea miezului de fier.

Nu este locul de a continua această expunere care se găseşte în toate tratatele de electricitate, căci desvoltarea acestor idei are mult mai multe aplicaţii în electricitatea industrială decât în radio.

In rezumat am vrut doar să amintim că valoarea unei inductanţe depinde nu numai de numărul şi de mărimea spirelor, ci şi de natura miezului şi de forma lui.

Bobinele cu miez de fier au o inductanţă mult mai mare decât cele cu aer. Putem exprima această idee şi astfel: o inductanţă dată trebue să aibe mai multe spire când e cu aer şi mai puţine spire când e cu fier.

Inductanţele întrebuinţate în curenţi industriali (frecvenţe joase) se fac cu miez de fier, iar inductanţele de radio (frecvenţe înalte) se fac de obiceiu fără miez de fier.

Explicaţia rezidă în pierderile ce apar în miezul de fier prin curenţi Foucault.

La frecvențele industriale pierderile se reduc la o cantitate aproape neglijabilă prin obișnuita lamelație a miezului de fier (table de circa 1 mm grosime). Prin introducerea miezului de fier se face o simțitoare economie de bobinaj și implicit de pierderi ohmice.

La frecvențele radioelectrice se cer inductanțe mult mai mici, deci fierul poate să lipsească și chiar trebue să lipsească, întru cât pierderile în fier cresc mult cu frecvența.

Spre a menține și la înaltă frecvență pierderile la nivelul obișnuit în joasă frecvență, grosimea tablelor de fier ar trebui redusă la sutimi și chiar la miimi de milimetru, lucru ce nu se poate face în practică.

Dar această dificultate a fost ocolită în ultimul timp printr'un artificiu: s'au înlocuit tablele de fier prin praf de fier foarte mărunt, închegat într'un lac izolator.

Aceste bobine cu miez de fier pulverizat se întrebuințează numai la recepție nu și la emisie, întru cât ajung ușor la saturație.

Calcularea inductanțelor

Valoarea inductanței depinde de numărul și de mărimea spirelor și de permeabilitatea miezului,—în cazul inductanțelor de joasă frecvență. In cazul inductanțelor de înaltă frecvență, — fără miez de fier, — inductanța depinde de asemenea de numărul și de mărimea spirelor, dar și de forma bobinei, de felul bobinajului, etc.

Calculul inductanțelor cu aer e o problemă prea complexă pentru a fi desvoltată aci. Vom considera numai cazul cel mai simplu, bobina cilindrică cu un singur strat a cărui inductanță e dată de formula lui Nagaoka:

$$L = 10^{-3}\ \pi^2\ K\ d^2\ n^2\ l$$

L = în microhenry,

K = un coeficient care depinde de raportul între diametru și lungime, valorile sunt date în tabelul de mai jos.

d = diametrul bobinei în cm.
n = numărul de spire.
l = lungimea bobinei în cm.

$\frac{d}{l}$	K.	$\frac{d}{l}$	K.
0.00	1.000	1,5	0.595
0.10	0.959	2,0	0.526
0.20	0.920	2,5	0.472
0.30	0.884	3,0	0.429
0.40	0.850	4,0	0.365
0.50	0.818	5,0	0.320
0.60	0.788	6,0	0.285
0.70	0.761	7,0	0.258
0.80	0.735	8,0	0.237
0.90	0.711	9,0	0.218
1.00	0.688	10,0	0.203

Trebue observat că inductanța e proporțională cu pătratul numărului de spire și cu pătratul diametrului (adică cu suprafața secțiunii) și că e direct proporțională cu lungimea bobinei.

Incă o observație importartă: în cazul bobinei cilindrice cu un singur strat, un fir de lungime dată, are inductanța maximă când

$$\frac{\text{diametrul bobinei}}{\text{lungimea bobinei}} = 2,4$$

Bobina care satisface acest raport are cea mai mică rezistență, e bobina optimă.

Fig. 12 dă inductanțele bobinelor obișnuite cu un singur strat în funcție de lungime și diametru, firul fiind de 3/10 mm diametru iar înfășurarea continuă, adică spirele lipite.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

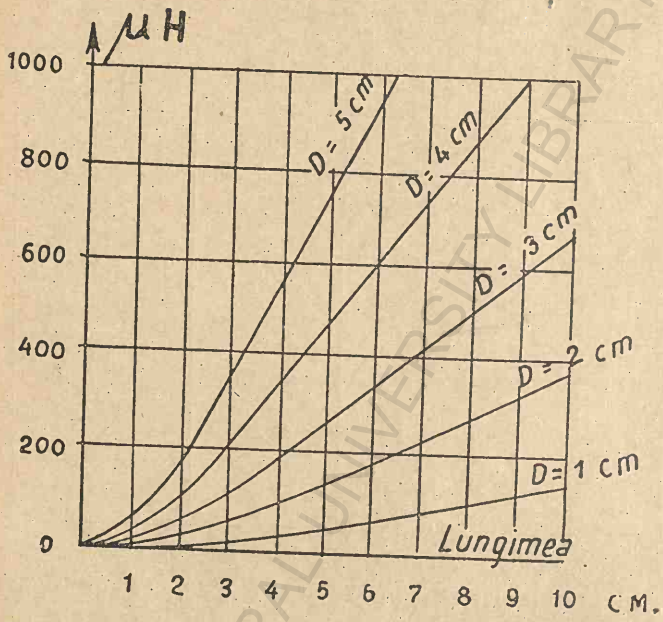


Fig. 12. — Inductanțele bobinelor din sârmă de 3/10 mm izolată cu bumbac, și înfășurate într'un singur strat, spiră lângă spiră

CAPITOLUL III

CURENTUL ALTERNATIV

Ciclu, frecvență, kilociclu, kilohertz

Până aci am considerat numai curentul care circulă într'o direcție, curentul continuu.

Dar mai există un alt fel de curent care circulă când într'o direcție când în direcție opusă. Intensitatea acestui curent crește, descrește, ajunge la zero, își schimbă sensul, crește și descrește din nou și pe urmă ciclul reîncepe iar.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din figura 13 se vede că ciclul e compus dintr'o alternanță pozitivă și alta negativă.

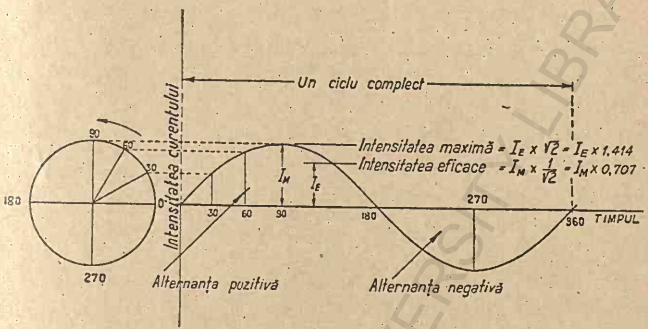


Fig. 13.— Sinusoda curentului alternativ

Numărul de cicli pe secundă se numește frecvență. Astfel curentul dela rețeaua electrică din București își schimbă sensul de 100 ori pe secundă, este așa dar un curent de 50 de cicli, are adică frecvența 50.

Curenții întrebuințați în radio își schimbă sensul mult mai repede. Pentru a-i exprima cu înlesnire se întrebuințează multiplii ciclului și anume:

1 kilociclu = 1.000 cicli, și
1 megaciclu = 1.000.000 cicli.

In locul termenilor de mai sus se mai întrebuințează și

kilohertz = kilociclu = 1.000 cicli.
megahertz = megaciclu = 1.000.000 cicli.

« Hertz »[1]) corespunde așa dar cu « ciclu », sau mai exact cu « ciclu pe secundă ». Dar în limbajul curent, ori de câte ori se vorbește de frecvență, este subînțeles că e vorba de ciclii pe secundă.

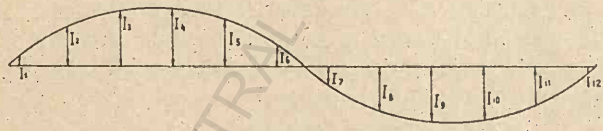
[1]) Ilustrul fizician care a descoperit undele hertziene.

Intensitatea şi voltajul curentului alternativ

Intru cât intensitatea curentului alternativ variază mereu, nu i se poate exprima valoarea în mod practic decât luând o medie. Se atribue curentului alternativ intensitatea pe care ar avea-o un curent continuu ce produce aceleaşi efecte termice. Acest curent corespunde cu $\frac{1}{\sqrt{2}}$ din intensitatea maximă a curentului alternativ sinusoidal şi se numeşte *intensitatea eficace*, a curentului alternativ (fig. 13).

De notat că valoarea eficace nu este valoarea mijlocie a curentului (care e 0,637 din max.) întru cât încălzirea nu este proporţională cu I ci cu I^2.

Ca atare se va lua media *pătratelor* intensităţilor succesive, şi odată ce se va găsi media i se va extrage rădăcina. Această rădăcină e valoarea eficace căutată. Fig. 14



$$\frac{I_1^2+I_2^2+I_3^2+I_4^2+I_5^2+I_6^2+I_7^2+I_8^2+I_9^2+I_{10}^2+I_{11}^2+I_{12}^2}{12} = \text{MEDIA PĂTRATELOR}$$

$$I_{\text{EFICACE}} = \sqrt{\text{MEDIA PĂTRATELOR}}$$

Fig. 14. — Determinarea curentului eficace cu 12 valori. Determinarea exactă se face cu o infinitate de valori

arată calculul acesta luând de bază 12 intensităţi, dar pentru determinarea precisă trebue să luăm o infinitate de intensităţi.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Voltajul eficace este de asemenea $\frac{1}{\sqrt{2}}$ din maximul de voltaj alternativ.

Rezistenţa ohmică şi rezistenţa în înaltă frecvenţă

Exprimând intensitatea şi voltajul curentului alternativ nu prin valorile instantanee ci prin valorile eficace se simplifică foarte mult calculele. Astfel putem aplica legea lui Ohm şi legea lui Joule întocmai ca la curentul continuu.

Aşa dar cunoscând de exemplu rezistenţa ohmică a unui conductor şi voltajul eficace ce i se aplică, deducem imediat curentul rezultat (tot valoarea eficace). Putem deduce de asemenea şi încălzirea unei rezistenţe aplicând legea lui Joule.

Dar legea lui Ohm şi implicit legea lui Joule se aplică numai în cazul frecvenţelor joase şi a rezistenţelor ohmice pure, adică fără inductanţe şi fără capacităţi. Când apar capacităţile şi inductanţele lucrurile se complică, precum vom vedea în paragraful următor.

Dar să cercetăm mai întâi ce se întâmplă într'un conductor fără inductanţe şi fără capacităţi, dacă mărim frecvenţa.

Se constată că rezistenţa ohmică devine mai mare decât rezultă din legea lui Ohm. Cu alte cuvinte R capătă o valoare nouă care se numeşte *rezistenţă în înaltă frecvenţă.*

Aceasta se datoreşte faptului că odată cu creşterea frecvenţei curentul nu mai este distribuit uniform pe toată suprafaţa secţiunei conductorului, ci se îngrămădeşte spre marginea acestei secţiuni, adică la suprafaţa conductorului, din cauza distribuţiei neuniforme a liniilor de forţă magnetice.

Să considerăm conductorul format dintr'un mănunchiu de fire foarte subţiri străbătute fiecare de acelaşi curent, şi să vedem ce se întâmplă într'un fir central şi într'un

fir periferic (aşezat adică de-a-lungul suprafeţei conductorului nostru).

Firul central e tăiat de liniile de forţă produse de firele ce se află de jur împrejurul lui, linii de forţă ce apar şi dispar cu pulsaţia curentului alternativ, — pe când conductorul periferic e tăiat numai de liniile de forţă produse într'o parte (din spre interiorul conductorului). Astfel inductanţa firului central va fi mai mare decât inductanţa firului periferic şi ca atare curentul alternativ va circula mai uşor prin aceste din urmă fire, îngrămădindu-se deci la suprafaţa conductorului.

Lucrurile se petrec parcă s'ar fi micşorat secţiunea conductorului, parcă ar fi dispărut, sau mai exact parcă s'ar fi redus partea centrală. Acest fenomen se numeşte «skin efect», în traducere «efect de piele». De obiceiu i se zice «efect pelicular» sau «efect de suprafaţă».

Efectul de suprafaţă depinde de:

d = diametrul conductorului

f = frecvenţa

μ = permeabilitatea magnetică

ρ = rezistenţa specifică.

Rezistenţa specifică creşte cu $d.\frac{\sqrt{f\mu}}{\rho}$

De aci se vede între altele că sârma de fier nu este de loc indicată pentru curenţii de înaltă frecvenţă din cauza marei permeabilităţi magnetice a fierului, şi că pentru a reduce efectul de suprafaţă trebue să luăm fire mai subţiri (fig. 15).

Creşterea rezistenţei este însă şi mai mare decât indică formula de mai sus întru cât apare şi influenţa dintre spire care modifică repartizarea uniformă a curentului de-a-lungul suprafeţei conductorilor şi îl concentrează în anumite părţi ale suprafeţei. Acest efect de proximitate măreşte şi mai mult rezistenţa în înaltă frecvenţă.

Mai apar curenţi Foucault în secţiunile diferitelor spire.

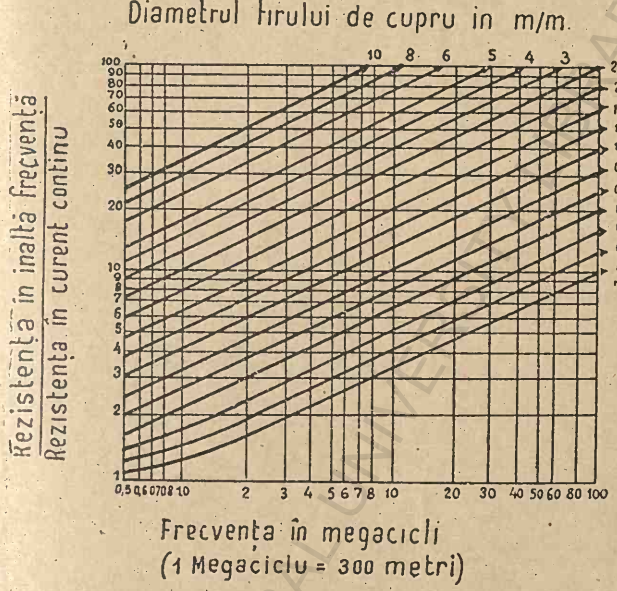


Fig. 15. — Creșterea rezistenței cu frecvența, din cauza «efectului de suprafață» («skin efect»)

In sfârșit mai avem și pierderi în dielectric.

Un condensator nu redă toată energia înmagazinată prin faptul că se produc întotdeauna pierderi asemănătoare cu pierderile care se produc în fier din cauza fenomenului de hysteresis. Aceste pierderi se manifestă printr'o ușoară încălzire a dielectricului și depind de natura lui. Se poate spune că pierderile se produc numai în dielectricele solide și lichide, nu și în aer, așa cum am văzut de altfel mai sus.

Dar și un condensator cu aer trebue să aibe un dielectric solid la suporturile armăturilor și în acesta se produc întotdeauna oarecare pierderi.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pe măsură ce se mărește frecvența cresc pierderile considerate mai sus: prin efecte de suprafață, curenți Foucault și pierderi în dielectric. Rezistența în înaltă frecvență poate fi de sute de ori mai mare decât rezistența în curent continuu. Conform legii lui Ohm, mărirea rezistenței micșorează intensitatea semnalelor, și precum vom vedea mai departe reduce și selectivitatea. Ca atare rezistența trebue redusă pe cât se poate. Pentru aceasta se iau precauțiuni speciale la realizarea circuitelor de înaltă frecvență: bobinele se construesc din sârmă mai groasă (fiindcă circulația curentului se face numai la suprafața conductorului), câteodată se întrebuințează fire multiple — liță, — pentru a mări suprafața conductorului, mai ales pentru undele lungi. In sfârșit, spirele se așează într'un anumit fel, se distanțează între ele, precum și față de alte piese. Condensatorii se construiesc de asemenea cu multe precauțiuni, cu dielectric aer, etc., precum vom vedea în capitolul V.

Pentru a rezuma, rezistența în înaltă frecvență se datorește în primul rând:

1. Pierderilor în cupru { efect de suprafață
efect de proximitate
curenți Foucault.

2. Pierderilor în dielectric, la care trebue să adăugăm,

3. Pierderi în piesele metalice apropiate: suporturi: blindaje, etc., prin curenți Foucault și hysteresis.

4. Pierderi prin radiația energiei în formă de unde electromagnetice, de care ne vom ocupa la studiul antenelor. Bineînțeles că la antene aceste «pierderi» devin utile, fiind însuși rațiunea de a fi a antenelor.

In practică rezistența în înaltă frecvență nu poate fi calculată, dar se poate măsura destul de precis, de exemplu prin metoda rezistenței adiționale dată mai departe în capitolul despre antene.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Trecerea curentului alternativ prin capacităţi şi inductanţe

Dacă se leagă un condensator de o sursă de curent continuu, curentul circulă o clipă pentru a încărca plăcile condensatorului până ce ajung la potenţialul sursei şi după aceea curentul se opreşte (fig. 16). Aşa dar curentul continuu *nu* trece prin condensator.

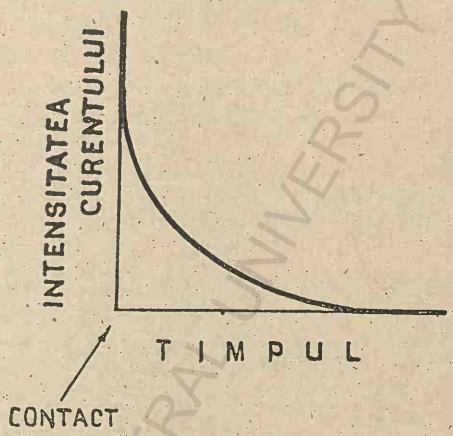


Fig. 16. — Variaţia curentului continuu la stabilirea contactului cu un condensator

Dar dacă se leagă condensatorul de o sursă de curent alternativ, plăcile se încarcă în timpul unei alternanţe, pe urmă se descarcă şi după aceea se încarcă invers în timpul alternanţei următoare ş. a. m. d. Aşa dar curentul electronic circulă dela sursă la condensator şi înapoi, şi lucrurile se petrec parcă ar trece curentul prin condensator. Putem spune aşa dar că un curent alternativ trece prin condensator [1]).

[1]) Conform concepţiilor lui Maxwel avem un curent şi între plăcile condensatorului, dar acest curent nu este electronic sau de conductibilitate ci un aşa zis «curent de deplasare».

Pentru un anumit voltaj eficace, intensitatea curentului ce trece prin condensator, depinde de capacitatea condensatorului şi de frecvenţă.

« Rezistenţa » pe care o prezintă un condensator trecerii curentului alternativ se numeşte *reactanţă*. In deosebire de rezistenţa ohmică obişnuită, într'o reactanţă nu se produce căldură, căci reducerea intensităţii nu este produsă printr'o absorbţie de energie ci printr'o stăvilire.

$$\text{Reactanţa capacitivă} = \frac{1}{C\omega}$$

în care

C = capacitatea în farazi
$\omega = 2\pi f$ şi se mai numeşte şi *pulsaţia*
(« f » e frecvenţa)

iar reactanţa capacitivă se exprimă în ohmi. Deşi nu este vorba de o producere de căldură, precum am văzut mai sus, reactanţa înlocueşte rezistenţa în legea lui Ohm:

$$I \text{ eficace} = \frac{V \text{ eficace}}{\frac{1}{C\omega}}$$

Reactanţa capacitivă se desemnează adeseori prin X_c adică

$$\frac{1}{C\omega} = X_c.$$

Exemplu numeric. Să se găsească reactanţa capacitivă a unui condensator de 0,000001 farad, pentru o frecvenţă de 50.

$$\omega = 2\pi \times 50 = 314 \text{ şi } \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{0{,}000001 \times 314} = 3200 \text{ ohmi}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Așa dar capacitatea considerată mai sus, de 1 microfarad, se comportă ca o rezistență de 3200 ohmi, pentru curentul industrial de 50 de perioade. Dacă acest curent este dat sub o tensiune eficace de 120 de volți, intensitatea curentului ce va trece prin condensatorul nostru este de

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{3200} = 0{,}0375 \text{ amperi}$$

Dacă frecvența ar fi fost de 1000, capacitatea de mai sus s'ar fi prezentat ca o rezistență de 160 de ohmi, iar curentul care ar fi trecut prin această rezistență ar fi fost de 0,75 amperi (pentru tensiunea de 120 de volți).

Dacă se leagă o sursă de curent continuu de o inductanță, curentul crește treptat până ce ajunge după un timp foarte scurt la regimul normal, când continuă să circule nestingherit (fig. 11).

Curentul alternativ însă întâmpină o «rezistență» datorită inerției magnetice a inductanței. La fiecare alternanță curentul trebue să creieze fluxul magnetic care la sfârșitul alternanței creiază la rândul lui o forță electromotrice. «Rezistența» aceasta care nu produce căldură ci doar stăvilește trecerea curentului ca și la condensator, se numește *reactanță inductivă.*

$$\text{Reactanța inductivă} = L\omega$$

în care

L = inductanța în henry
$\omega = 2\pi f$

iar reactanța inductivă se exprimă în ohmi, deși nu e vorba de o producere de căldură, dar reactanța inductivă înlocuește rezistența din formula lui Ohm:

$$I \text{ eficace} = \frac{V \text{ eficace}}{L\omega}$$

Reactanța inductivă se desemnează adeseori prin X_L adică

$$L\omega = X_L$$

Exemplu numeric. Să considerăm aceeași sursă de curent ca și în cazul precedent, adică rețeaua electrică din București

$$f = 50$$
$$V = 120$$

și să legăm o inductanță $L = 5$ henry
avem

$$L\omega = 5 \times 314 = 1570 \text{ ohmi}$$

iar intensitatea curentului

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{1570} = 0{,}0765 \text{ amperi.}$$

Dacă frecvența ar fi fost 1000, inductanța de mai sus ar fi fost echivalentă cu o rezistență de 31.400 ohmi, iar curentul care ar fi trecut prin această rezistență se reducea la 0,00382 amperi.

Relația de fază între curent și tensiune, explicarea defazărei

Când un curent alternativ trece printr'o rezistență ohmică pură, maximele de curent coincid cu maximele de tensiune. Curentul și tensiunea sunt în fază (fig. 17).

Când însă curentul trece printr'o capacitate sau o inductanță, maximele de tensiune nu mai coincid cu maximele de curent, se produce o *defazare.*

Defazarea se poate explica prin apariția tensiunilor produse de condensatori și inductanțe care «deplasează» curentul față de tensiunea sursei.

Iată o experiență simplă care ilustrează defazarea:

Luăm o greutate atârnată de un arc spirală, spre a o ridica și coborî periodic ținând-o de capătul superior al acestui arc. Constatăm că greutatea rămâne în urmă față de deplasările imprimate arcului. Se produce așa dar o

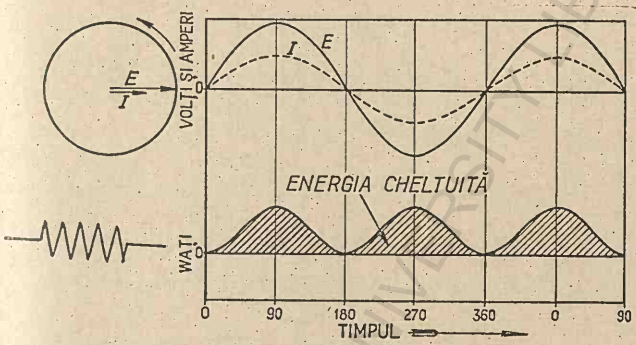


Fig. 17. — Curentul și voltajul într'o rezistență

defazare, — din cauza inerției, — între forța care acționează (tensiunea) și deplasarea greutății (curentul). Dacă deplasarea capătului superior al arcului se face din ce în ce mai repede, la un moment dat greutatea se ridică în timp ce capătul superior al arcului coboară; atunci deplasarea greutății e în opoziție de fază cu forța aplicată.

După această ilustrare fizică a fenomenului, să examinăm câteva momente din ciclul curentului alternativ în condensatori și inductanțe.

In cazul condensatorului fig. 18, tensiunea aplicată E crește din momentul 1 până la momentul 2. Curentul rezultant I circulă în direcția tensiunii aplicate și încarcă condensatorul. După momentul 2, tensiunea sursei scade sub nivelul 2 la care a fost încărcat condensatorul și ca atare curentul schimbă de sens. Prin urmare în momentul când tensiunea de încărcare a atins valoarea maximă

curentul a fost zero, aşa încât avem o defazare de 90°.

Trecând acum la inductanţe (fig. 18), să considerăm momentul când intensitatea curentului atinge valoarea

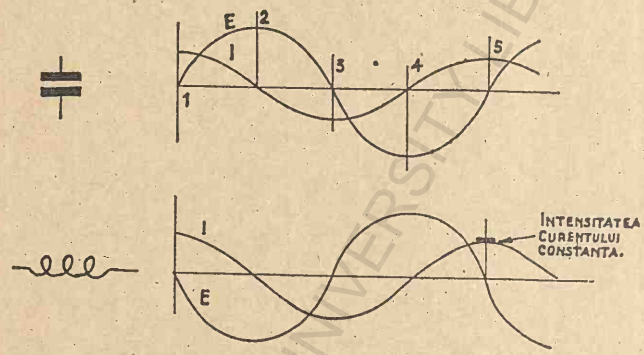


Fig. 18. — Defazarea produsă de un condensator şi de o inductanţă

maximă. În acest moment intensitatea rămâne constantă şi ca atare forţa electromotrice de selfinducţie este zero, aşa încât forţa electromotrice exterioară (care este contrabalansată în orice clipă de forţa electromotrice interioară) este tot zero. Se vede astfel că şi aci avem o defazare de 90° între tensiunea sau forţa electromotrice aplicată şi curentul rezultant.

Se arată că pe când la condensator curentul este defazat cu 90° înaintea tensiunii aplicate, la inductanţă curentul este defazat cu 90° în urma tensiunii aplicate. Aceste două cazuri sunt ilustrate în figurile 19 şi 20.

Dacă circuitul constă numai dintr'o inductanţă pură, curentul rămâne în urmă faţă de voltaj cu $^1/_4$ ciclu, sau 90 de grade (fig. 19).

Dacă circuitul constă numai dintr'o capacitate pură, curentul trece înaintea voltajului cu $^1/_4$ ciclu, sau 90 grade (fig. 20).

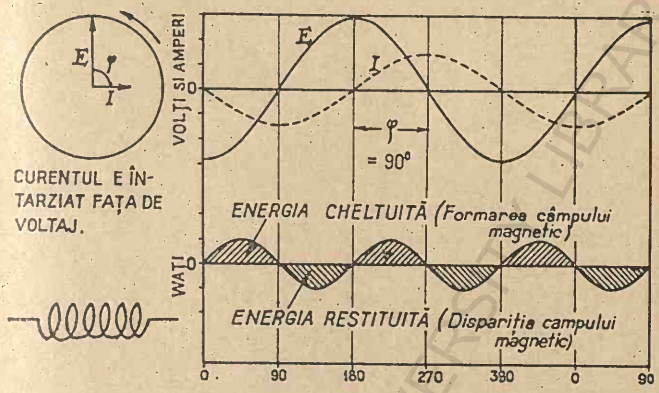


Fig. 19. — Curentul și voltajul într'o inductanță

Factorul de putere. Este raportul între energia cheltuită de curent — măsurată cu un watmetru — și produsul curent înmulțit cu voltaj.

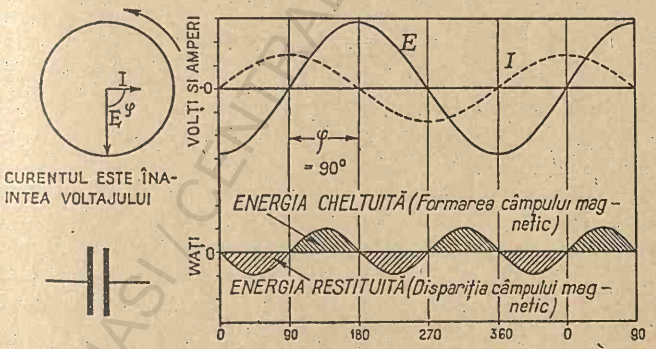


Fig. 20 — Curentul și voltajul într'un condensator

Avem $$\frac{W}{EI} = \text{factor de putere}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

și se constată că acest raport este egal cu

$$\frac{W}{EI} = \cos \varphi$$

adică cosinusul unghiului de defazare între curent și voltaj.

Astfel se explică faptul că într'un condensator pur nu se absoarbe energie, căci avem

$$\cos \varphi = \cos 90° = 0$$

iar în cazul inductanței

$$\cos \varphi = \cos 270° = 0$$

acești curenți se mai numesc *curenți dewatați.*

In cazul când curentul și voltajul sunt în fază, avem

$$\varphi = 0 \text{ și } \cos \varphi = 1$$

deci

$$I \times V = W$$

Impedanța

Impedanța este «rezistența» rezultantă a unui circuit electric în care avem: rezistență ohmică, capacitate și inductanță.

Să considerăm întâi o capacitate și o rezistență în serie (fig. 21) și o inductanță în serie cu o rezistență (fig. 22).

Să luăm acum o reactanță capacitivă și o reactanță inductivă. Ele se însumează prin scădere, — cu alte cuvinte reactanța rezultantă este diferența celor două reactanțe (fig. 23).

Avem așa dar

$$\text{reactanța rezultantă} = \frac{1}{C\omega} - L\omega$$

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

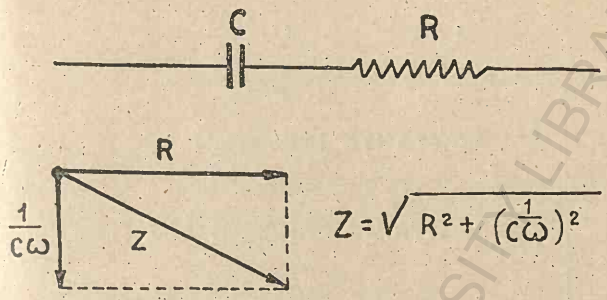


Fig. 21. — Inductanța și rezistența în serie

Dacă luăm acum toate trei elementele în serie, ajungem la (fig. 24).

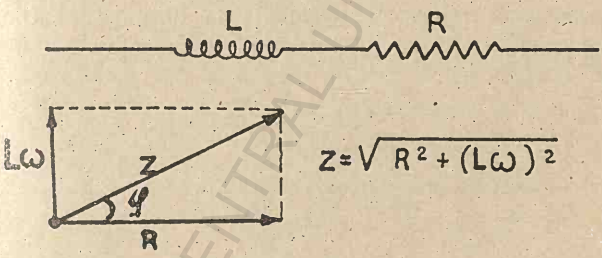


Fig. 22. — Capacitatea și rezistența în serie

Este evident că avem următoarea relație:

$$\text{Impedanța} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

Iată prin urmare formula generală a «rezistenței» pe care o prezintă un circuit complet. Impedanța se reprezintă prin Z.

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

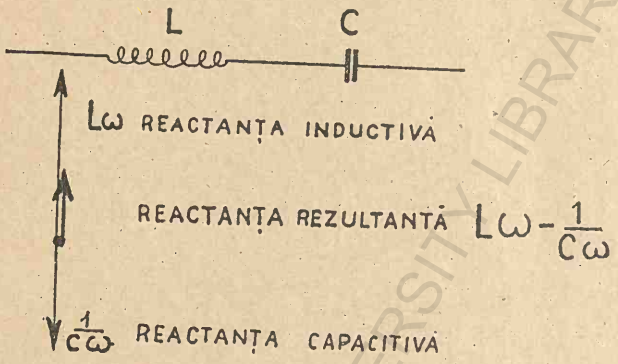


Fig. 23. — Inductanța și capacitatea în serie

Impedanța înlocuește rezistența în formula lui Ohm ca și reactanțele capacitive și inductive precum am arătat mai sus.

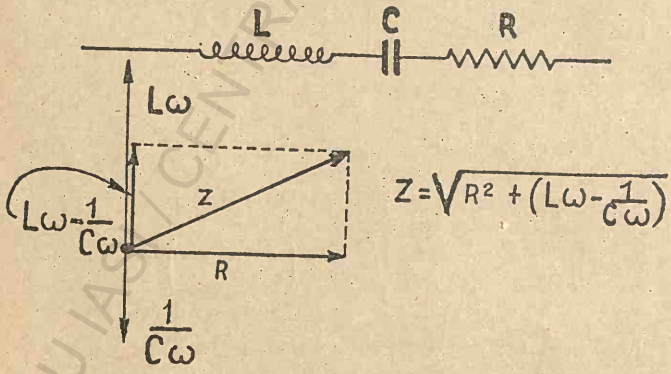


Fig. 24. — Inductanța, capacitatea și rezistența în serie

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aşa dar,

$$I = \frac{E}{Z} \quad \text{sau} \quad Z = \frac{E}{I}$$

Prin urmare impedanţa se mai poate defini ca raportul între forţa electromotrice aplicată şi curentul rezultant (valori eficace). Din fig. 22 putem calcula şi factorul de putere.

$$tg\,\varphi = \frac{\text{reactanţa rezultantă}}{\text{rezistenţa ohmică}}.$$

Rezumând cele de mai sus cu simbolurile prescurtate avem

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

când legăm în serie o rezistenţă ohmică cu o reactanţă capacitivă sau inductivă.

Iar când legăm în serie cele trei elemente considerate mai sus, rezistenţă, capacitate şi inductanţă, avem formula generală

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

Exemplu numeric. Să combinăm cele două exemple numerice precedente la care vom adăoga o rezistenţă ohmică de 70 ohmi.

Avem:

E 120 volţi
f 50 cicli pe secundă, deci pulsaţia, $\omega = 2\pi \times 50 = 314$
L 5 henry
C 0,000001 farad
R 70 ohmi

$$\text{Impedența} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)} =$$

$$\sqrt{70^2 + \left(5 \times 314 \frac{1}{0{,}000001 \times 314}\right)^2} = 177 \text{ ohmi}$$

De notat că impedanța aceasta (de 177 ohmi) e mai mică decât reactanța capacitivă (3200 ohmi) și decât reactanța inductivă (1570 ohmi), însă e mai mare decât rezistența ohmică (70 ohmi).

Așa dar intensitatea curentului care trece prin capacitatea de un microfarad și inductanța de 5 henry puse în serie, va fi mai mare decât intensitatea curentului care trece prin fiecare din aceste două elemente luate în parte. Pentru capacitate am găsit un curent de 0,0375 amperi, pentru inductanță am găsit un curent de 0,0765 amperi, pentru rezistența de 70 ohmi găsim după legea lui Ohm, 1,171 amperi, iar dacă considerăm toate aceste trei elemente în serie, ele prezintă o impedanță de 177 ohmi, precum am văzut mai sus, și vom avea un curent de intensitatea

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{177} = 0{,}62 \text{ amperi}$$

Rezistență și reactanță în paralel

Să legăm o rezistență în paralel cu o reactanță, — inductivă sau capacitivă — și să aplicăm o tensiune E (fig. 25).

Prin rezistență va trece un curent

$$I_R = \frac{E}{R}$$

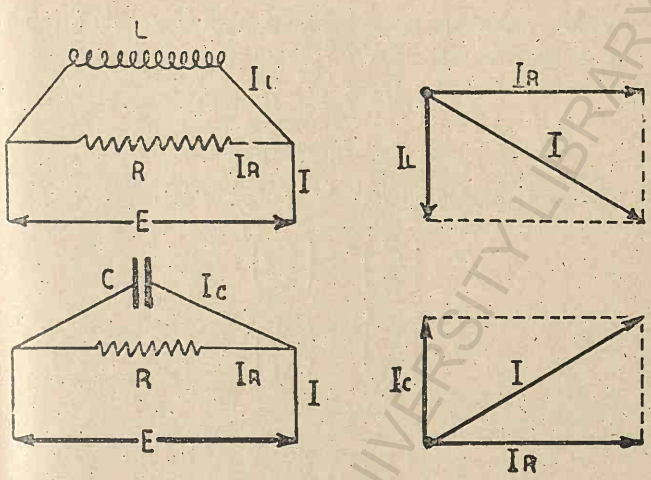


Fig. 25. — Rezistenţa în paralel cu o rectanţă, curentul rezultant

prin capacitate

$$I_C = \frac{E}{X_c} = E\,C\omega$$

prin inductanţă

$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{L\omega}$$

Dar aceşti curenţi nu sunt în fază aşa încât nu-i putem aduna pe cale aritmetică.

Curentul rezultant *nu* este egal cu

$$I_R + I_C$$

sau

$$I_R + I_L$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aceşti curenţi trebuesc adunaţi vectorial. Şi fiindcă sunt decalaţi cu 90° (fig. 25) avem:

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2$$

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2$$

Inlocuind valorile lui I_R, I_C şi I_L avem:

$$I^2 = \left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_C}\right)^2 \quad \text{şi}$$

$$I^2 = \left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{X_L}\right)^2$$

sau

$$\frac{I^2}{E^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2} \quad \text{şi}$$

$$\frac{I^2}{E^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$$

Cum însă impedanţa Z e exprimată prin raportul $\frac{E}{I}$ avem:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2}}$$

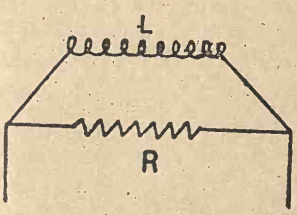
sau într'o formă mai simplă

$$Z = \frac{XR}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

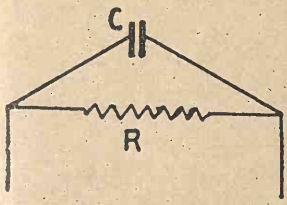
Inlocuind pe X prin $L\omega$ şi $\frac{1}{C\omega}$ ajungem la formulele din figura 26.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aceste formule găsesc numeroase aplicaţii în radio.



$$Z = \frac{L\omega R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$$



$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

Fig. 26. — Rezistenţa în paralel cu o reactanţă, expresia impedanţei

Tot pe calea arătată mai sus (prin însumarea vectorială a intensităţilor) ajungem şi la formulele mai complexe din fig. 27.

Ultima formulă care dă rezistenţa dinamică a unui circuit oscilant la rezonanţă este foarte importantă. Pentru aplicarea acestei formule se va întrebuinţa abaca din fig. 27 bis.

CAPITOLUL IV

CIRCUITUL ACORDAT

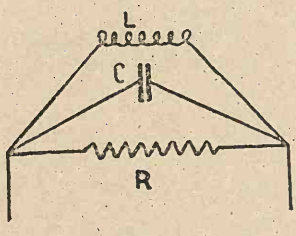
Frecvenţă de rezonanţă, formula lui Thomson

Formulele de mai sus prezintă un caz special de o importanţă covârşitoare în radio:

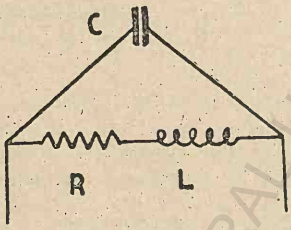
$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Când această relație e satisfăcută spunem că circuitul e acordat, impedanța este minimă și egală cu rezistența ohmică a circuitului considerat, întru cât se anulează paranteza de sub radical din formula impedanței (fig. 24).



$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2 \left(\omega C - \frac{1}{L\omega}\right)}}$$



$$Z = \frac{\omega L}{\sqrt{(1-\omega^2 LC)^2 + (R\omega C)^2}}$$

IAR CAND $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ AVEM

$Z_0 = \frac{L}{CR}$ = REZISTENȚA DINAMICĂ LA REZONANȚĂ

Fig. 27. — Expresiunea unor impedante mai importante

Relația $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ se poate scrie

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$

sau

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

care este formula lui Thomson în care

f = *frecvența de rezonanță* în cicli pe secundă
L = inductanța în henry
C = capacitatea în farazi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

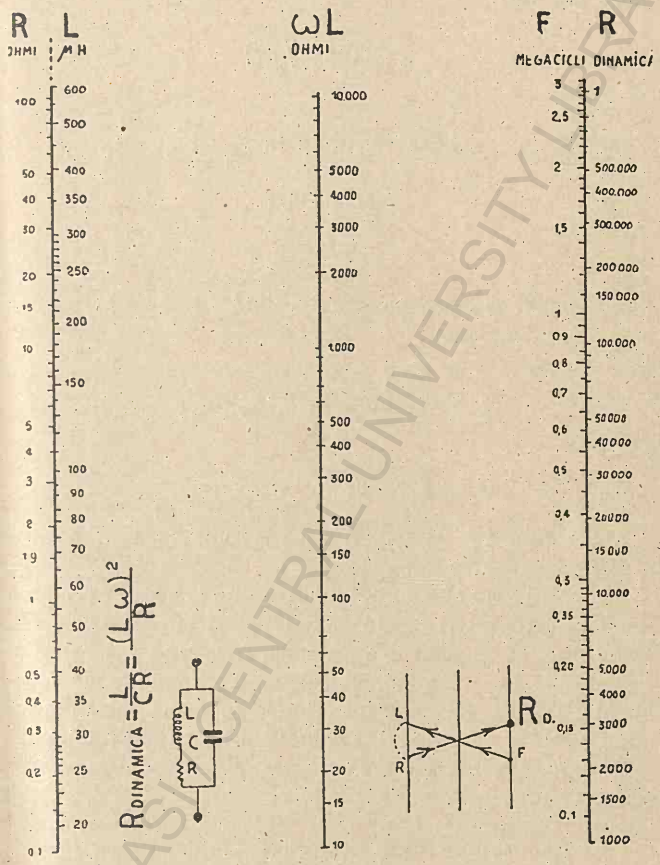


Fig. 27 bis. — Abacă pentru calcularea rezistenței dinamice la rezonanță

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Această formulă se mai scrie în funcţie de lungimea de undă produsă:

$$\lambda = 1885 \sqrt{LC}$$

în care
λ reprezintă lungimea de undă în metri şi este egal cu

$$\frac{300.000.000}{f}$$

(300.000.000 de metri pe secundă fiind viteza de propagare a undelor herziene)
iar

L e exprimat în *micro*henry

şi

C e exprimat în *micro*farazi.

Abacele din fig. 28 a şi 28 b permit aplicarea intantanee a formulei lui Thomson.

Să considerăm acum fig. 29 în care un generator produce succesiv diferite frecvenţe, la un voltaj eficace constant. Vom observa că pentru o anumită frecvenţă intensitatea curentului este maximă. Aceasta este *frecvenţa de rezonanţă* dată de formula lui Thomson, când intensitatea curentului e determinată *numai* de rezistenţa ohmică.

Dacă notăm intensitatea curentului la diferite frecvenţe, găsim valorile reprezentate în curba din fig. 30. Iar dacă înlocuim rezistenţa *R* printr'o altă rezistenţă mai mică «*r*» obţinem curba de rezistenţă «*r*» din aceeaşi figură. Aşa dar micşorarea rezistenţei ascute curba de rezonanţă. Această constatare este de o importanţă covârşitoare în radio. Curbele de rezonanţă se pot calcula uşor cu ajutorul formulelor date mai sus.

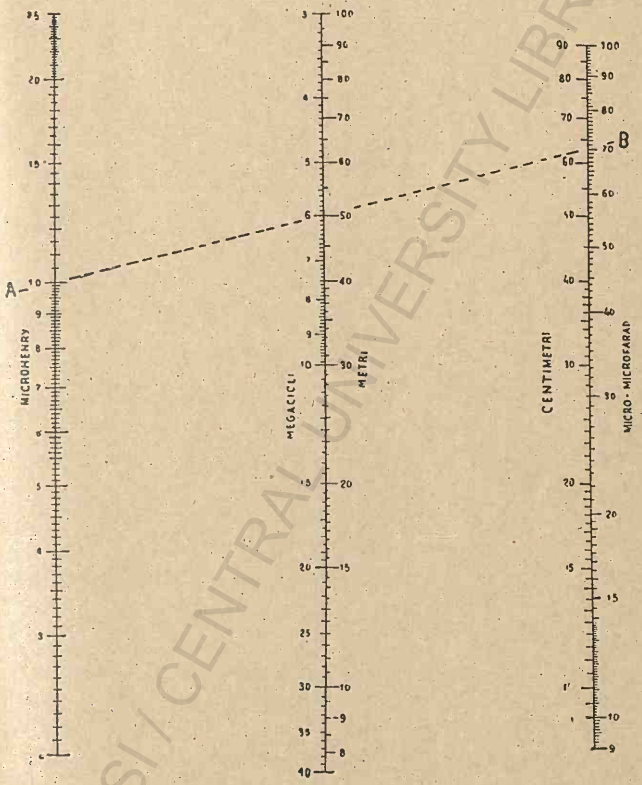


Fig. 28 a. — Abacă pentru aplicarea formulei lui Thomson. Unde scurte

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

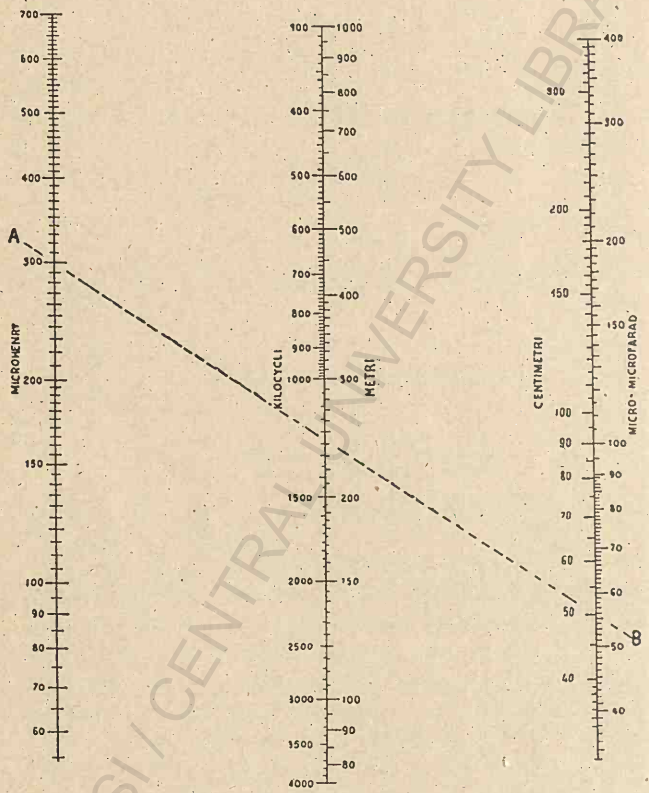


Fig. 28 b. — Abacă pentru aplicarea formulei lui Thomson. Unde lungi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Amplificarea de tensiune, calitatea bobinei «Q»

Voltajul la capetele inductanței sau a capacității poate fi mai mare decât voltajul aplicat la capetele întregului circuit.

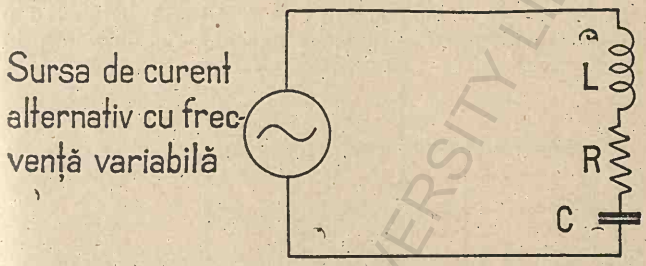


Fig. 29. — Montajul pentru trasarea curbei de rezonanță

Aceasta se poate vedea ușor dintr'un exemplu numeric. Fie $E = 5$ milivolți și $R = 10$ ohmi. După legea lui Ohm curentul rezultant va fi de 0,5 miliamperi. Să luăm acum:

$$f = 800 \ Kc.$$
$$L = 200 \ \mu H$$
$$C = 200 \ \mu\mu F$$

Aceste din urmă valori au la frecvența dată reactanțe de câte 1000 ohmi.

Aplicând iar legea lui Ohm avem $E = I \ R = 0{,}005 \times 1000 = 0{,}5$ volți, adică de 100 de ori voltajul aplicat de sursă.

Amplificarea astfel obținută depinde de curent înmulțit cu rectanța bobinei. Cum însă curentul e $\frac{E}{R}$ avem

$$\frac{E}{R} \times \omega L$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

aşa dar pentru o forţă electromotrice dată, amplificarea de voltaj depinde de raportul

$$\frac{\omega L}{R} = Q$$

Acest raport dintre reactanţa şi rezistenţa bobinei e o relaţie foarte importantă şi se exprimă de obiceiu prin

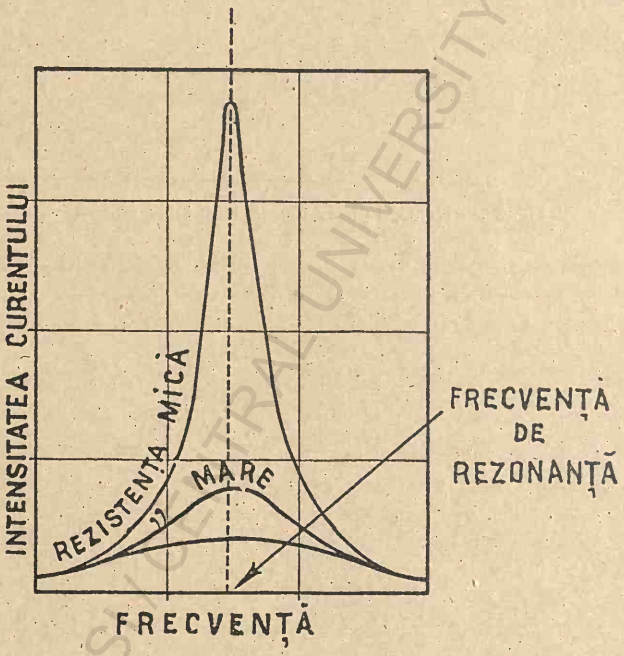


Fig. 30. — Curba de rezonanţă a două circuite cu rezistenţe diferite

litera « Q » care dă o măsură a calităţii unei bobine, o măsură a pierderilor.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

«Q» este aproape independent de frecvență, întru cât rezistența în înaltă frecvență crește aproximativ cu frecvența.

Bobinele întrebuințate în radio au un Q cuprins între 50 și câteva sute. Bobinele bune de radio au pe Q egal cu 150 sau 200.

Inversul lui «Q» caracterizează selectivitatea sau ascuțimea curbei de rezonanță întru cât curba de rezonanță e mai ascuțită când pierderile sunt mai mici.

Așa dar cu cât amplificarea de tensiune este mai mare, și selectivitatea devine mai bună.

Circuitul acordat închis

Dacă elementele L, C și R se montează într'un circuit ce se închide pe sine însăși, se formează un circuit acordat închis (fig. 31), care se mai numește circuit oscilant.

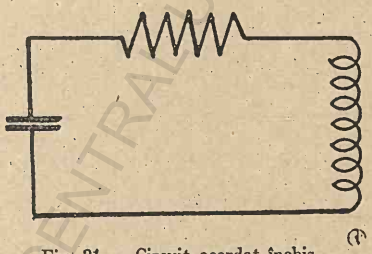


Fig. 31. — Circuit acordat închis

Dacă se produce acum un curent în acest circuit, — de exemplu prin inducție, — curentul circulă întâi într'un sens, până încarcă condensatorul; pe urmă condensatorul se descarcă și astfel curentul circulă în sens invers. După ce condensatorul s'a descărcat complet, curentul tot mai circulă în virtutea inerției care se datorește câmpului magnetic ce însoțește inductanța. Astfel după ce condensatorul s'a descărcat, se încarcă invers, ș. a. m. d.

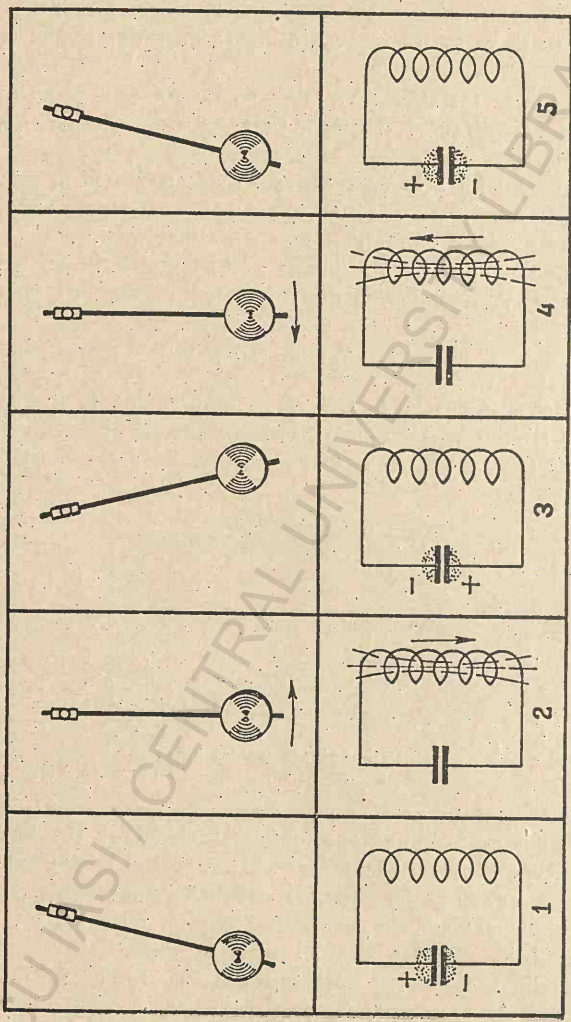


Fig. 32. — Circuitul oscilant

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fazele succesive sunt reprezentate în fig. 32 în comparație cu oscilațiile unui pendul.

După cum frecvența unui pendul e determinată de lungimea firului și de accelerația gravitației, tot astfel frecvența curentului oscilant e determinată precum am văzut mai sus de valoarea inductanței și a capacității.

După cum energia pendulului e înmagazinată când în formă de energie cinetică, când în formă de energie potențială, tot astfel și energia din circuitul oscilant e înmagazinată când în formă de câmp magnetic, când intensitatea curentului e maximă și încărcarea condensatorului e zero, momentele 2 și 4 — când în formă de câmp electric, când intensitatea curentului scade la zero și condensatorul ajunge la încărcătura maximă, momentele 1, 3 și 5.

Frecvența proprie a circuitului oscilant, sau frecvența de rezonanță este firește frecvența, aceea pentru care curentul întâmpină rezistența minimă, frecvență dată mai sus de formula lui Thomson:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Curentul, rezistența dinamică

In fig. 33 distingem curentul de linie I_1 care trece prin circuitul de alimentare și curentul din circuitul oscilant I_0.

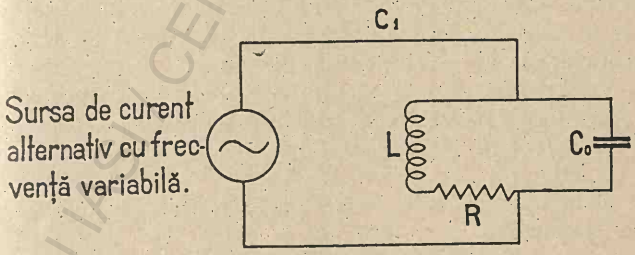


Fig. 33. — Montajul pentru trasarea curbei de rezonanță a circuitului acordat închis

Pe măsură ce circuitul de acord se apropie de rezonanță, curentul de linie *scade*[1]) și curentul circuitului oscilant crește, ajungând la rezonanță mult mai mare decât curentul de linie. Raportul între acești curenți este precum rezultă din formulele precedente

$$\frac{\omega L}{R} = Q$$

In momentul rezonanței circuitul oscilant închis se prezintă ca o rezistență ohmică, a cărei valoare e egală cu

$$\frac{L}{CR} \text{ ohmi}$$

această din urmă expresie se mai numește impedanța la rezonanță sau *rezistența dinamică* la rezonanță și are o importanță foarte mare.

De notat că în formulele de mai sus R este *rezistența în înaltă frecvență* exprimată în ohmi și de aci se vede deosebita importanță pe care o are rezistența în înaltă frecvență în circuitele oscilante.

Cu cât rezistența în înaltă frecvență e mai mică, cu atât rezistența dinamică e mai mare.

Exemplu numeric. Un circuit oscilant închis e format dintr'o inductantă de 160 μH, o capacitate de 200 $\mu\mu F$ și are o rezistență în înaltă frecvență de 7 ohmi. Ce rezistență are la o rezonanță? 114.000 ohmi.

Variația impedanței circuitului oscilant închis poate fi reprezentată printr'o curbă identică cu aceea care arată variația curentului în circuitul L, C, R montate în serie (fig. 30).

Și în cazul de față, reducerea rezistenței ascute curba de rezonanță.

---

[1]) In cazul precedent fig. 15, curentul de alimentare *crește* la rezonanță.

In concluzie rezistența în înaltă frecvență trebue să fie cât mai mică căci astfel se obține o curbă de rezonanță mai ascuțită și un semnal mai puternic.

Curentul de linie scade simțitor în momentul acordului din cauza rezistenței dinamice ce o prezintă circuitul oscilant, rezistența fiind egală, precum am văzut cu $\frac{L}{CR}$.

Acest fenomen se produce foarte des în aparatele de radio atât la emisie cât și la recepție.

Dăm pentru moment un singur exemplu, filtrul care se montează în antenele de recepție pentru eliminarea postului local (fig. ..).

Tensiunea

Tensiunea la bornele inductanței sau a condensatorului se află conform legii lui Ohm aplicată la curentul alternativ. Tensiunea este egală cu intensitatea eficace a curentului, care trece prin elementul considerat înmulțită cu reactanța capacitivă sau reactanța inductivă (*nu* cu rezultanta acestor reactante).

Amortizarea oscilațiilor

O oscilație *ne*întreținută se stinge treptat precum se vede în fig. 34 și constitue o oscilație amortizată.

Expresia matematică a oscilațiilor întreținute

$$i = I \sin \omega t$$

devine în cazul oscilațiilor amortizate

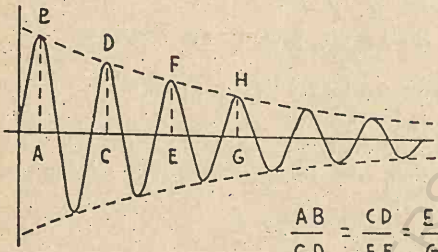
$$i = I e^{-\alpha t} \sin \omega t$$

în care

$\alpha = \frac{R}{2L}$ și se numește *coeficient de amortizare.*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Interesant e faptul că raportul amplitudinei a două oscilaţii succesive rămâne constant (fig. 34). Acest raport se numeşte *decrement*.



$$\frac{AB}{CD} = \frac{CD}{EF} = \frac{EF}{GH} = \text{DECREMENT}$$

$$\log_e \frac{AB}{CD} = \text{DECREMENT LOGARITMIC}$$

$$= \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \qquad \left(\begin{array}{l}\text{CÂND „R"} \\ \text{E MIC}\end{array}\right)$$

Fig. 34. — Oscilaţii amortizate

Dar de obiceiu nu ne interesează decrementul ci logaritmul lui în baza « *e* », care se numeşte *decrement logaritmic*. Acesta e egal cu

$$\frac{2\pi\alpha}{\omega} = \frac{\alpha}{f}$$

dar $\alpha = \dfrac{R}{2L}$

şi $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{LC} - \dfrac{R^2}{4L^2}}$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Inlocuind aceste valori şi considerând pe R mic, găsim

$$\text{decrementul logaritmic} = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

De aci rezultă că stingerea oscilaţiilor este cu atât mai rapidă cu cât R e mai mare şi cu cât C este mai mare faţă de L.

Interesant e faptul că rezistenţa circuitului oscilant influenţează întrucâtva şi frecvenţa proprie, care este diferită de frecvenţa de rezonanţă.

Frecvenţa de rezonanţă este precum am văzut $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{CL}}$ iar frecvenţa proprie, adică frecvenţa oscilaţiilor libere e:

$$f_L = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Cum însă al doilea termen de sub radical e foarte mic, de obiceiu se neglijează aşa încât frecvenţa de rezonanţă poate fi considerată ca egală cu frecvenţa proprie. Totuşi al doilea termen de sub radical poate fi câteodată apreciabil, iar dacă

$$R > \sqrt{\frac{4L}{C}}$$

cantitatea de sub radical devine negativă iar frecvenţa imaginară. Cu alte cuvinte sistemul nu mai are frecvenţă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

proprie, devine *aperiodic.* Curentul se stinge la prima alternanță, ca un pendul scufundat într'un mediu foarte vâscos, care ajunge încet la verticală și se oprește acolo fără a mai oscila.

Raportul între inductanța și capacitatea circuitului oscilant închis

Se poate obține un acelaşi acord sau o cu inductanță mare și o capacitate mică, sau viceversa, — căci din formula lui Thomson reiese că frecvența este determinată numai de valoarea *produsului CL.*

Totuşi valoarea relativă a acestor două elemente nu este indiferentă.

Pentru a avea un voltaj cât mai mare la bornele circuitului oscilant trebue ca inductanța să fie cât mai mare și capacitatea cât mai mică, — căci în acest caz reactanța fiecărui element este mare: $C\omega$. și $\frac{1}{L\omega}$. Lucrul acesta mai reiese şi din considerentul foarte simplu că tensiunea la bornele condensatorului este cu atât mai mare, pentru o încărcătură dată, cu cât capacitatea e mai mică (vezi definiția condensatorului).

Dar pentru a avea o selectivitate cât mai bună, — adică o curbă de rezonanță ascuțită, — capacitatea trebue să fie mare și inductanța mică, după cum rezultă din expresia lui « Q » arătată mai sus.

De obiceiu nu se merge la limită ci se stabilește un compromis între valoarea inductanței și a capacității, care variază dela caz la caz.

Cele de mai sus explică constatarea care se face în mod curent că aparatele de recepție au de obiceiu o selectivitate mai bună la sfârșitul cursei condensatorului de acord, decât la începutul cursei.

CAPITOLUL V

CONSTRUCŢIA REZISTENŢELOR, CAPACITĂŢILOR ŞI INDUCTANŢELOR

Rezistenţele

Rezistenţele întrebuinţate în radio sunt fixe sau variabile.

Ele se construiesc în mai multe feluri:

1. Fir metalic, înfăşurat pe un suport.
2. Amestec compus dintr'un material bun conducător de electricitate şi un izolator.
3. Un strat metalic foarte subţire depus pe un izolator.

Rezistenţele se caracterizează nu numai prin valoarea lor ci şi prin curentul pe care-l pot duce. Aceasta depinde de temperatura de încălzire admisă, care este de 250° *C.* pentru conductor şi 350° *C* pentru suportul izolator. Cu cât rezistenţele duc curenţi mai mari cu atât sunt mai voluminoase. Rezistenţele de radio duc de obiceiu curenţi foarte slabi, sunt mici, şi încălzirea lor e mult sub limitele date mai sus, mai ales la aparatele de recepţie.

Rezistenţele întrebuinţate în radio trebue să aibă o cât mai mică inductanţă, capacitate şi rezistenţă în înaltă frecvenţă. Se mai cere să fie puţin sgomotoase. Unele rezistenţe produc mici fluctuaţii continue de curent cari după amplificare dau un puternic sgomot de fond.

In general sgomotul de fond creşte cu încălzirea rezistenţei şi ca atare rezistenţele întrebuinţate în aparatele de radio trebuesc larg dimensionate.

Se mai cere ca rezistenţele să aibă un volum redus, un preţ mic şi să-şi menţină valoarea lor cât mai constantă.

Cu alte cuvinte să nu se schimbe cu timpul cu temperatura şi cu umezeala.

Rezistențele dela punctul 1, rezistențele cu fir, sunt de obiceiu variabile (fig. 35) și se întrebuințează mai mult în circuitele de încălzire, câteodată și ca potențiometre. Firul se face dintr'un aliaj de nichel cu crom,

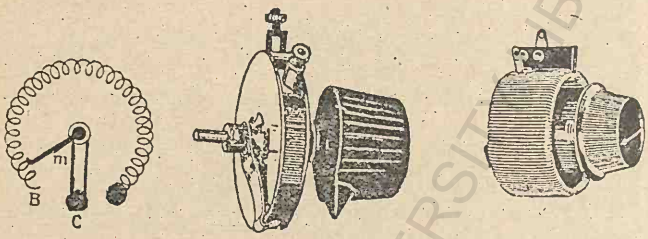


Fig. 35. — Rezistențe variabile

fier, cupru, manganez sau zinc, iar firul se înfășoară pe diferite suporturi, după nevoie. Suportul poate să fie chiar un fir flexibil care servește la facerea legăturii. Așa sunt de exemplu cordoanele de alimentare ale receptoarelor universale.

Rezistențele dela punctul 2, constituite dintr'un amestec, se formează din următoarele elemente:

a) Un conductor, cărbune sau grafit pulverizat;

b) Un izolator, talc, nisip, etc.;

c) Un material care să lege amestecul, o resină sintetică.

Aceste rezistențe sunt de obiceiu fixe și li se dă forma cilindrică lunguiață, pentru ca să se reducă scurgerile capacitive prin cele două capace metalice de contact dela capete. Ele se acoperă cu un smalț colorat în anumite feluri prin care se indică valoarea lor. Aceste rezistențe se fac acum în dimensiuni foarte mici, adeseori nu au mai mult de 1 cm lungime.

Se întâmplă câteodată ca aceste rezistențe să-și schimbe valoarea cu timpul, producând pane greu de identificat.

Astfel am constatat dublarea rezistenței după câțiva ani și lucru mai curios, revenirea temporară la valoarea normală prin aplicarea unei tensiuni mai ridicate.

Amestecul semiconductor se întrebuințează și pentru rezistențe variabile, de obiceiu potențiometrice. In acest caz, amestecul se depune pe un suport circular pe care se deplasează un contact arcuit. Intr'unele construcții contactul se face printr'o lamă metalică intercalată între rezistență și cursor. Această lamă e apăsată în jos prin trecerea cursorului (fig. 36). Astfel se îmbunătățește contactul și se reduce uzura prin frecare.

Fig. 36.— Rezistență sau potențiometru cu lamă intermediară

Rezistențele dela punctul 3, cu strat metalic, se formează pe un fir sau un tub de sticlă pe care se depozitează un strat conductor foarte subțire. Aceste rezistențe se închid într'un tub protector. Ele au de obiceiu valori foarte mari, și în general sunt mai puțin sgomotoase, decât rezistențele formate dintr'un amestec.

Valoarea rezistențelor americane, se exprimă prin trei colori (fig. 37):

1. Coloarea fondului, care indică prima cifră a valorii.
2. Coloarea dela capăt, care arată a doua cifră și
3. Punctul colorat dela mijlocul rezistenței, care indică numărul de « zero » care se adaugă la primele două cifre și care completează astfel valoarea rezistenței.

Colorile au următoarele valori:

Negru	0	Verde	5
Cafeniu	1	Albastru	6
Roşu	2	Violet	7
Portocaliu	3	Cenuşiu	8
Galben	4	Alb	9

Exemplu: Rezistenţa cu

— fondul albastru
— capătul negru şi
— punctul de pe mijloc roşu,
are o valoare de 6.000 ohmi.

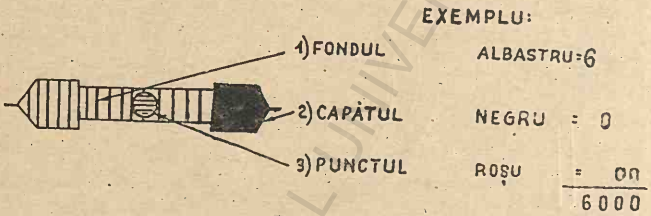


Fig. 37. — Exemplu de marcare a rezistenţelor americane

Condensatorii

Condensatorii se caracterizează prin capacitatea lor şi prin tensiunea de lucru. Tensiunea de lucru este de obiceiu de 2—3 ori mai mică decât tensiunea de străpungere. Condensatorii sunt de două feluri, ficşi şi variabili. Mai diferă însă şi prin dielectricul întrebuinţat.

Avem întâiu condensatorii cu aer, cari sunt de obiceiu variabili şi servesc la acord. Tot pentru acord se întrebuinţează şi condensatorii variabili cu uleiu, dar numai la emisiune. A treia categorie o formează condensatorii cu dielectric solid, de obiceiu mică sau hârtie parafinată. Aceştia din urmă se fac din foi de hârtie, lungi şi înguste,

pe fețele cărora se aplică foi de staniol, și pe urmă se înfășoară.

In sfârșit mai avem condensatorii electrolitici.

Condensatorii variabili de acord, pot avea plăci de diferite forme (fig. 38) astfel deplasarea unghiulară corespunde cu o variație liniară de:

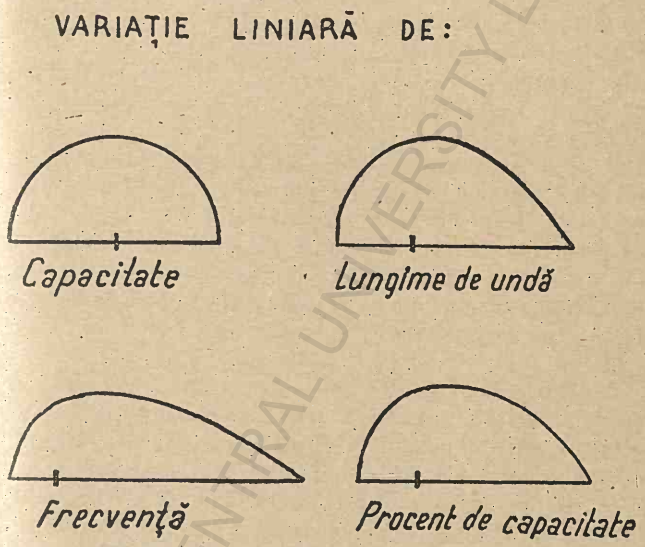


Fig. 38. — Forma lamelor condensatorilor variabili

1. Capacitate.
2. Lungime de undă.
3. Frecvență, și
4. Logaritmic, care dă o creștere de capacitate proporțională cu capacitatea, pentru o deplasare unghiulară dată — de exemplu un grad.

Adică $\frac{dC}{C} = a\,d\theta$ în care « a » e o constantă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Condensatorii din prima categorie nu se mai fac, întru cât cer un acord mult mai precis la începutul cursei, decât la sfârşitul cursei. Găsesc totuşi oarecari întrebuinţări la undele foarte scurte.

Forma cea mai logică e variaţia liniară de frecvenţă. Dar condensatorii de tipul acesta prezintă neajunsul de a avea plăci foarte lungi, precum se poate vedea în fig. 38 şi de a ocupa mult loc.

Condensatorii cei mai întrebuinţaţi azi, sunt cei logaritmici, cari au o formă întrucâtva intermediară între cei dela punctul 2 şi 3.

Condensatorii variabili se caracterizează prin capacitatea lor maximă, de obiceiu 500 $\mu\mu F$, şi prin capacitatea reziduală, (capacitatea condensatorului când e complet deschis). Aceasta trebue să fie cât mai mică pentru a putea cuprinde o gamă de lungimi de undă cât mai mare. Capacitatea reziduală e de vreo 20 $\mu\mu F$, la care se adaugă în practică şi capacitatea bobinelor şi a legăturilor, însumând de obiceiu 50 $\mu\mu F$.

Aparatele moderne cu un singur buton de acord cer condensatori dubli şi tripli (fig. 39). Capacităţile acestor condensatori trebue să fie identice în orice poziţie. Fiindcă acest deziderat e aproape imposibil de realizat din fabricaţie, se prevede o lamă secţionată radial (fig. 39). Aceste secţiuni se îndoaie cu mâna pentru a compensa micile nepotriviri ce se observă în diferitele poziţii ale condensatorilor. Preciziunea acordului atinge şi depăşeşte 1%.

Dar nu numai atât, monoreglajul cere şi compensarea capacităţilor reziduale ale circuitelor legate de diferiţi condensatori. Pentru aceasta condensatorii variabili multipli se completează întotdeauna cu mici condensatori semi-variabili denumiţi «trimeri» montaţi în paralel cu fiecare condensator. Aceştia se reglează odată pentru totdeauna după ce aparatul e complet montat, pentru a egala aşa dar capacităţile reziduale din circuite, — şi fac parte integrantă din condensatorii multipli.

In felul acesta se acordează condensatorii multipli compensând precum am văzut atât imperfecţiunile lor de fabricaţie cât şi diferenţele de capacităţi reziduale ale circuitelor lor.

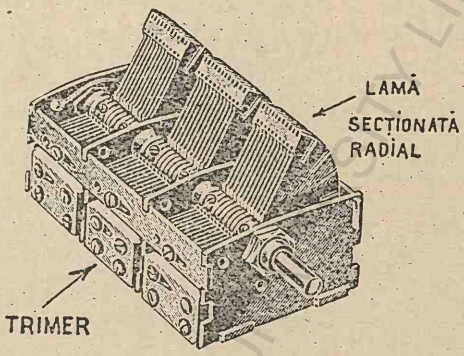


Fig. 39. — Condensator triplu

Bineînţeles că toată construcţia mecanică trebue să fie foarte îngrijită, lagărele fără joc, etc. Condensatorii de bună calitate se montează pe calit, care e un fel de porţelan şi constitue unul din dielectricile cele mai bune.

Condensatorii variabili nu servesc întotdeauna la facerea acordului ci şi la reacţie. In acest caz pierderile în înaltă frecvenţă au o importanţă mult mai mică şi ca atare construcţia lor poate să fie mai puţin bună şi mai ieftină. Condensatorii de reacţie au plăcile separate prin foi de hârtie parafinată sau alt dielectric asemănător, — nu însă cu mică, deşi li se zice de obiceiu « condensatori cu mică ». Plăcile fiind astfel mult mai apropiate ca la condensatorii cu aer se pot reduce dimensiunile condensatorului şi preţul.

Condensatorii ficşi sunt de mai multe feluri.

Avem întâiu, condensatorii cu hârtie parafinată şi foi de staniol, cari au de obiceiu valori mari, de ordinul microfarazilor. Aceştia se fac din şuvite lungi de vreo 2 metri şi late de vreo 4 cm care se înfăşoară ca să ocupe mai puţin loc. E interesant de semnalat că hârtia parafinată e formată de obiceiu din mai multe foiţe foarte subţiri şi aşa de bine presate încât nici nu se deosebesc. Astfel se obţine o mai bună rigiditate dielectrică imitând întrucâtva clivajul foilor de mică.

In al doilea rând avem condensatorii formaţi dintr'un depozit de argint pe o foaie de mică. Aceştia au o stabilitate excelentă, calitate indispensabilă pentru acordul fix al receptoarelor moderne cu butoane, precum şi în aparatele de unde foarte scurte, în special în cele de avion cu acord fix. Variaţia capacităţii lor nu trece de 1/1000 în decursul timpului, iar schimbarea temperaturii ambiante produce efecte imperceptibile (cam 0,000025 de fiecare grad C).

Tot pentru circuitele de mare precizie se construesc de câtva timp condensatori ficşi de compensare. Dielectricul acestora îşi schimbă constanta cu temperatura. Rezultă o variaţie de capacitate care se produce în sensul opus cu variaţia altui condensator sau a elementelor din circuit aşa încât efectul temperaturii se poate anula.

Se întrebuinţează ca dielectric ceramică sau anumite lichide. Se pot obţine orice variaţii cuprinse între +0,00012 şi —0,00068 de fiecare grad C.

Condensatorii electrolitici

Când se scufundă aluminiul sau tantalul în anumite soluţii electrolitice, aceste metale se acoperă cu un strat izolator extrem de subţire.

Stratul izolator (oxid de aluminiu A_2O_3, etc.) constitue dielectricul condensatorului care are ca armături aluminiul pe o parte şi dielectricul pe partea cealaltă. Prin

faptul că stratul izolator e foarte subțire se pot obține capacități mari cu suprafețe reduse. Așa de exemplu luând grosimea normală a acestui strat care este de aproximativ 1/10.000 mm și are constanta dielectrică 10, obținem de fiecare centimetru patrat o capacitate C

$$C = \frac{KS}{4\pi d} = \frac{10 \times 1}{12.6 \times 10^{-5}} = 8 \times 10^4 \text{ cm}$$

ceea ce înseamnă că un electrod cu o suprafață de 100 cm² constitue un condensator de vreo 8 μF.

Așa dar acești condensatori sunt foarte puțin voluminoși și totodată ieftini.

Ei se împart în două categorii, umezi și uscați.

Primii au electrolitul liber, iar ceilalți au electrolitul fixat pe o pânză sau pe o hârtie sugativă; prin urmare nu sunt uscați în adevăratul înțeles al cuvântului. Fig. 40 arată o secțiune printr'un condensator electrolitic.

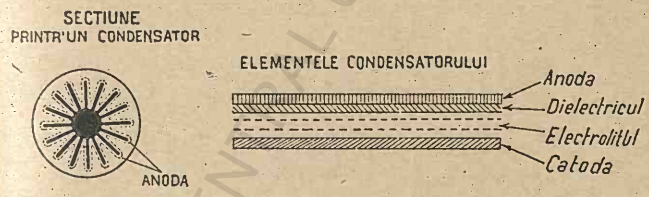


Fig. 40.— Secțiuni printr'un condensator electrolitic

Stratul izolator se formează precum am arătat pe anoda de aluminiu sau tungsten. Electrolitul este o soluție saturată de borat de sodiu cu acid boric, sau o soluție apoasă de acid sulfuric. Catoda e de aramă sau de aluminiu. Ambii electrozi sunt în formă de foi subțiri cari se suprapun sau se înfășoară pentru a fi închise în cutiuțe cât mai mici. Cutiuțele sunt prevăzute câteodată cu o mică ventilație. De obiceiu se pot așeza în orice poziție.

Capacitatea condensatorului electrolitic variază cu tensiunea aplicată și anume crește cu tensiunea. Se poate ajunge la vreo 600 de volți de element, când stratul izolator cedează și e străpuns. Tensiunea la care e supus dielectricul e foarte mare, fiind de vreo 10.000.000 volți pe cm (ceea ce înseamnă că la tensiunea de 600 volți grosimea stratului izolator e de vreo 0,00016 mm). Cu toate că stratul e atât de subțire conductibilitatea e foarte mică fiind de câteva mii de meghomi pe cm², așa încât scurgerile sunt reduse. Totuși scurgerile condensatorilor electrolitici sunt mai mari decât la alți condensatori.

Dacă se micșorează tensiunea după străpungere, stratul izolator se reface imediat ca înainte (afară de cazul când supratensiunea a fost din cale afară de mare).

In deosebire de condensatorii obișnuiți, condensatorii electrolitici sunt polarizați, adică trebuesc montați cu o anumită armătură la pozitiv și cu cealaltă armătură la negativ. Dacă se inversează legătura se străpung.

Așa dar condensatorii electrolitici se întrebuințează numai pe curent continuu.

Totuși se întrebuințează câteodată și pe curent alternativ printr'un artificiu (fig. 41 a), care constă din mon-

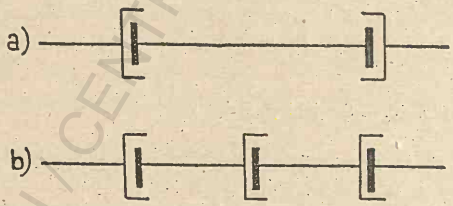


Fig. 41. — Legarea condensatorilor electrolitice
a) pentru alternativ
b) pentru tensiuni ridicate

tarea a doi condensatori în serie, cu polii de sens contrar legați împreună.

In sfârșit, pentru tensiuni mai ridicate, condensatorii electrolitici trebuesc legați în serie, întru cât o singură celulă nu rezistă decât la circa 600 V maximum (fig. 41 b).

Inductanțele

Pierderile în inductanțe. Inductanțele întrebuințate în radio sunt formate din bobine, care trebuesc să aibă o cât mai mică rezistență în înaltă frecvență. Cu alte cuvinte pierderi cât mai reduse. Acestea se produc precum am văzut în bobinaj și în mediul înconjurător.

Să considerăm întâi pierderile în cupru, întru cât acestea sunt cele mai importante.

In primul rând bobina trebue construită în așa fel ca firul să fie cât mai scurt, deci un raport potrivit între diametrul bobinei și lungimea ei, fig. 42 în cazul bobinei cu un strat.

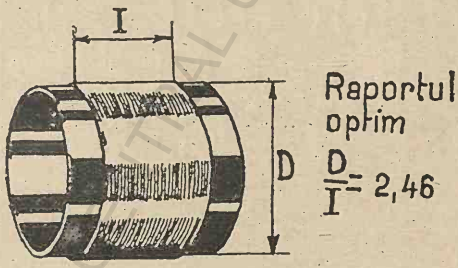


Fig. 42— Bobină cu un strat

Secțiunea firului ar trebui să fie cât mai mare pentru a reduce rezistența ohmică, cu atât mai mult cu cât curenții de înaltă frecvență circulă numai la suprafața conductorilor din cauza efectului de suprafață. Dar dacă mărim secțiunea firului, cresc pierderile în curenți Foucault, cari se produc în secțiunile sârmelor.

Există aşa dar un diametru optim care depinde de frecvenţă şi de aşezarea relativă a spirelor.

Pierderile prin dielectric se micşorează prin reducerea suporturilor la minimum şi prin alegerea unor materiale bune. Pentru izolarea firelor se va alege în ordinea preferinţei: mătase, bumbac, email. Suporturile vor fi de preferinţă de calit, sau alt material similar. In cazul acesta firul poate fi şi neizolat.

Pierderile în piesele apropiate se vor reduce prin simpla îndepărtare a acestor piese; în niciun caz nu trebuesc aşezate piese în interiorul bobinelor.

In sfârşit, bobinele mai trebue să îndeplinească o condiţie esenţială care n'a fost formulată până aci. Bobinele trebue să aibe capacităţi interioare cât mai reduse. Fig. 42 bis arată că două spire alăturate se prezintă ca armăturile

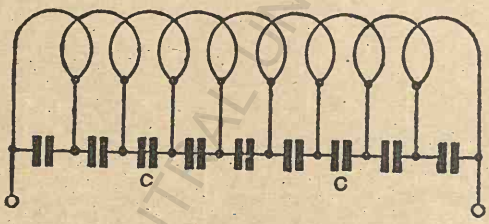


Fig. 42 bis. — Capacităţile interioare ale unei bobine

unui condensator, formând o punte de trecere pentru curenţii de înaltă frecvenţă. Astfel inductanţa este de fapt şuntată de un condensator, care introduce pierderi, prin scurgeri capacitive.

Ţinând seama de cele de mai sus, bobinele de înaltă frecvenţă se construesc astfel:

1. Bobine cilindrice cu un strat (fig. 42). Raportul optim între diametru şi lungimea bobinajului e de 2,46.

Grosimea şi natura conductorului depinde de lungimea de undă. Pentru unde hectometrice se întrebuinţează sârmă obişnuită de câteva zecimi de milimetru diametru. Iar pentru undele decametrice mai mici, se întrebuinţează sârmă mai groasă de un milimetru diametru şi câteodată ţeavă de aramă de câţiva milimetri diametru. In general, bobinele cu un singur strat se întrebuinţează numai sub 200 metri.

2. Pentru undele de mai multe sute de metri se întrebuinţează bobine cu straturi multiple făcute din sârmă mai subţire de 0,5 mm diametru. Bobinajul se face sau cu spire paralele (fig. 43) sau în fagure, adică puţin încrucişate fig. 43 a.

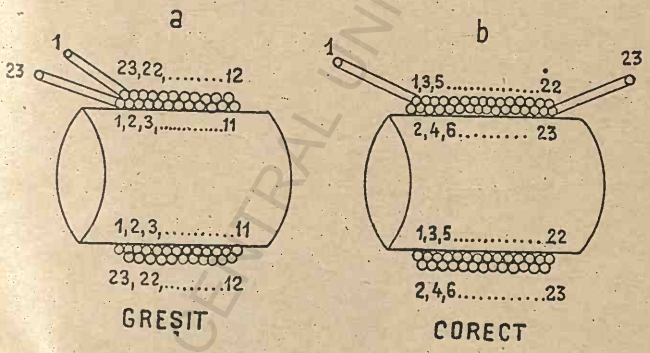


Fig. 43. — Bobine cu două straturi având spire paralele

De notat că bobinajul nu trebue făcut ca în *a* întru cât în acest caz avem un fel de scurt circuit capacitiv între prima şi ultima spiră.

Bobinajul trebue astfel făcut ca spirele din toate straturile să înainteze împreună ca în *b*.

Bobinele în fagure (fig. 43 a), sunt cele mai întrebuințate. Ele dau rezultate bune și pe undele mai mari de 1000 metri. In acest caz sârma obișnuită se înlocuește prin liță.

3. Bobinele secționate (fig. 44), se întrebuințează pentru unde lungi (peste 1000 m.).

Toate bobinele considerate mai sus prezintă o mică rezistență în înaltă frecvență și se montează în circuitele acordate.

Dar în radio se mai întrebuințează și alte bobine, care nu servesc la acord și sunt doar menite să oprească înalta frecvență — acestea sunt *bobinele de șoc.*

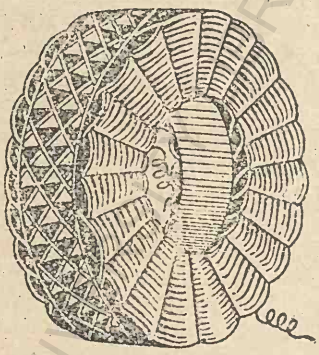


Fig. 43 a. — Bobină în fagure, (cu spirele puțin încrucișate)

Ele trebue să prezinte o impedanță mare fără să fie nevoie ca rezistența lor să fie mică. De aceea bobinele

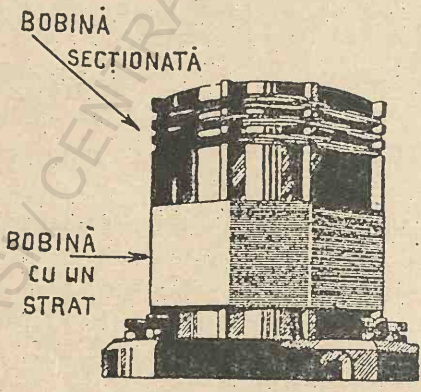


Fig. 44. — Bobină secționată (sus)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

de şoc se fac din sârmă foarte subțire, bobinate sau într'un singur strat, sau de obiceiu în fagure şi secționate (fig. 45).

Bobinele cu miez de fier
(Ferocart)

Miezul de fier mărește inductanța unei bobine. Aceasta înseamnă că adăugând un miez de fier putem obține o aceeaşi inductanță cu spire mai puține. Şi cum pier-

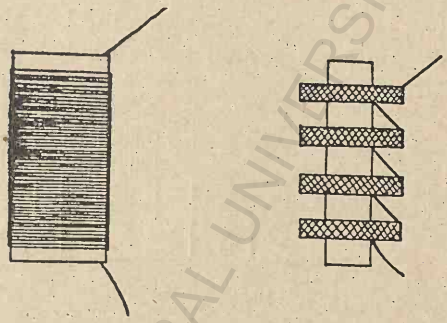


Fig. 45. — Bobine de şoc

derile sunt proporționale cu numărul de spire s'ar putea crede că în felul acesta se reduce rezistența în înaltă frecvență, şi că astfel se mărește «*Q*» (cap. IV). De fapt însă, când e vorba de înaltă frecvență pierderile care se produc în miezul de fier sunt mult mai mari decât economia realizată prin reducerea bobinajului.

Dar pierderile în fier se pot reduce prin secționarea fierului reducând astfel curenții Foucault. Totuşi tolele întrebuințate în maşinile electrice şi mănunchiurile de sârmă întrebuințate ca miez de fier în bobine nu pot satisface cerințele înaltei frecvențe pentru cari trebue o secționare mult mai fină.

De câţiva ani încoace se fabrică şi miezuri de fier pentru înalta frecvenţă. Miezul acesta este format dintr'un praf foarte fin cu grăunţe de aproximativ 1—10 milionimi de milimetru diametru.

Prepararea prafului se face prin reducerea carburei de fier gazoase cu hidrogen. Există şi alte metode mai puţin întrebuinţate. Praful de fier se leagă cu un lac izolator, care se întăreşte aşa încât miezul devine solid.

Permeabilitatea acestui miez în înaltă frecvenţă e de aproximativ 2—4.

Fig. 46 şi 46 bis reprezintă un miez de fier de acest fel. Bobinajul se reduce foarte mult atât ca număr de spire

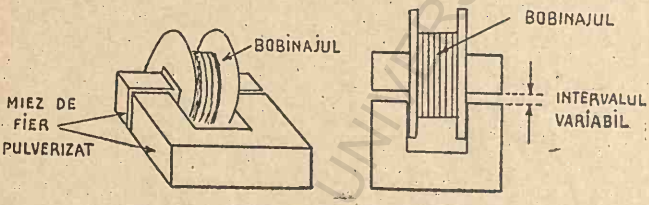


Fig. 46.— Bobină cu miez de fier pulverizat

cât şi mai ales ca dimensiuni, iar rezistenţa în înaltă frecvenţă scade cam la jumătate. Astfel se obţine un

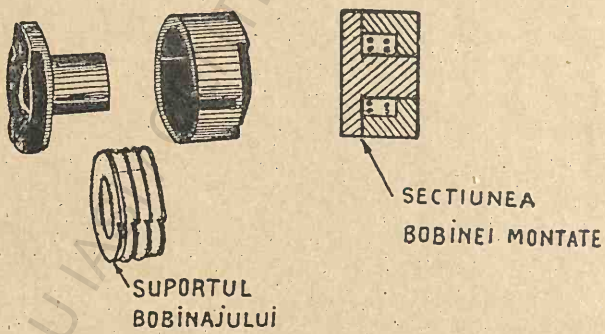


Fig. 46 bis.— Bobine cu miez de fier pulverizat, complet închise

semnal mai puternic şi o selectivitate mai bună, valoarea «Q» (cap. IV), putând să se apropie de 300.

Dar nu numai atât, bobinele au liniile de forță strânse şi canalizate în fier şi ca atare nu mai necesită blindaj. Şi chiar dacă li se adaugă un blindaj pentru a suprima orice urmă de cuplaj parazit, blindajul poate fi foarte mic şi nu introduce pierderi apreciabile, ceea ce nu e cazul la bobinele fără miez de fier.

In sfârşit, bobinele cu miez de fier permit acordul precis al inductanței prin variația intervalului care închide circuitul magnetic (fig. 46).

Aceasta este o calitate foarte prețioasă.

Pentru a rezuma calitățile de căpetenie ale bobinelor cu miez de fier sunt:

1. mică rezistență în înaltă frecvență,
2. volum foarte redus, atât față de o bobină cu aer neblindată, cât şi mai ales față de o bobină blindată.

Schimbarea valorii inductanțelor

Am văzut că pentru buna funcționare a unui circuit oscilant, trebue să avem un anumit raport între inductanță şi capacitate, cap. IV.

Aşa dar pentru a acoperi o gamă foarte întinsă nu este suficient de a adăuga capacități mari căci odată cu mărirea capacității trebue mărită şi inductanța.

Cu o inductanță fixă nu se acoperă de obiceiu decât game a căror valoare maximă e de 2—3 ori valoarea minimă. De exemplu 200—500 m (raport 2,5) 40—80 m (raport 2) ş. a. m. d.

Acest acord se face cu un condensator variabil care nu are mai mult de 500 cm, iar capacitatea reziduală a condensatorului şi a diferitelor piese şi legături este de aproximativ 50—100 cm. Aşa dar variația de capacitate e de 10/1 sau 5/1 iar gama, conform formulei lui Thomson, este de $\sqrt{10} = 3{,}3$ sau $\sqrt{5} = 2{,}2$.

Schimbarea valorii inductanțelor se face în mai multe feluri: prin cursor, prin variometru și prin comutare. Fig. 47 ilustrează primele două soluții. Cursorul trece din spiră în spiră deplasându-se pe o generatrice a ci-

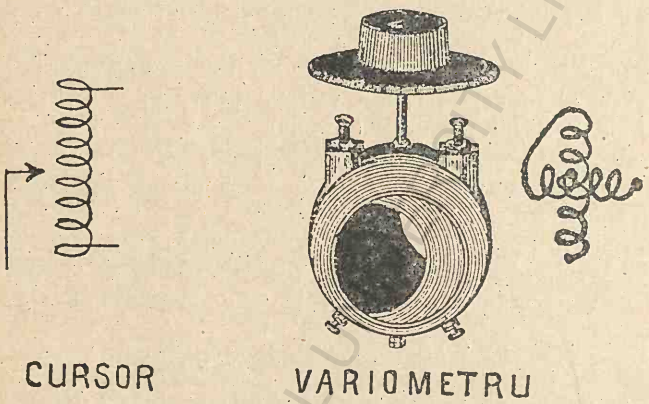


Fig. 47. — Schimbarea inductanței prin cursor și variometru

lindrului. Există însă și dispozitive în cari deplasarea cursorului se face de-a-lungul firului, adică helicoidal. Ambele dispozitive sunt puțin întrebuințate.

Variometrul e format din două bobine legate în serie, una fixă și alta mobilă. Inductanța acestui sistem variază așa dar în mod continuu dela

$$L_1 + L_2 + 2M \text{ la}$$
$$L_1 + L_2 - 2M$$

în cari L_1 și L_2 sunt inductanțele celor două bobine, iar M e coeficientul de inducție mutuală care în niciun caz nu poate depăși valoarea $M = \sqrt{L_1 L_2}$.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Variometrul permite variaţia inductanţelor numai în limite relativ mici. Pe de altă parte pierderile în înaltă frecvenţă sunt destul de mari din cauza scurgerilor capacitive şi mai ales din cauza întrebuinţării întregului bobinaj pentru inductanţele minime.

Variometrul nu se mai întrebuinţează astăzi decât la unele posturi de emisiune.

Fig. 48 arată trei sisteme de a varia inductanţele prin comutare. Avem sistemul prin eliminare, scurt circuit tare şi schimbare de bobine.

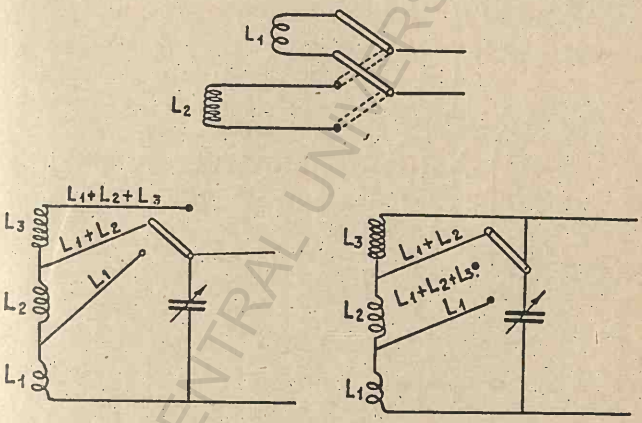


Fig. 48. — Schimbarea inductanţei prin diferite sisteme de comutare

Primele două sisteme introduc pierderi prin curenţii vagabonzi ce apar în circuitele neîntrebuinţate, şi mai ales prin fenomenele de rezonanţă ce se pot produce acolo.

Ultimul sistem, — schimbarea bobinelor — e cel mai întrebuinţat. In aparatele moderne găsim bobine cu miez de fier complet blindate cari se schimbă prin comutare. Aceste bobine se aşează adeseori pe un ax formând o tobă, şi astfel se evită legături lungi (fig. 49).

Sistemul acesta de comutare este în fond cel întrebuințat la începutul radiofoniei, cu singura deosebire că înlocuirea bobinelor nu se mai face prin scoaterea lor din aparat ci prin simpla manevrare a unui buton.

Blindajul

Prin blindaj sau ecranaj se înțelege izolarea anumitor piese sau aparate cu ajutorul unor plăci, capace sau cutii metalice, pentru a le feri de influențe electrostatice sau electromagnetice exterioare.

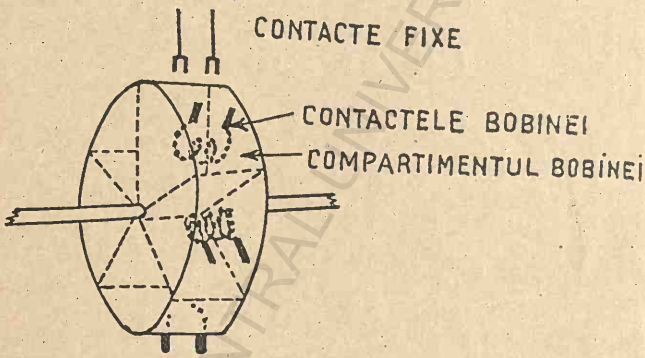


Fig. 49. — Schimbarea inductanțelor prin comutare

Blindajul satisface necesitatea de a suprima cuplajele parazite între piesele unui aparat de radio, cuplaje ce reduc posibilitatea de amplificare, după cum vom vedea mai departe. Dar nu numai atât, blindajul mărește selectivitatea aparatelor, întru cât ferește bobinele de influențe exterioare directe ca emisiunile puternice și paraziții. In lipsa blindajelor paraziții și emisiunile puternice ar pătrunde direct în ultimele etaje ale aparatelor de

recepție fără a mai fi nevoite să treacă prin toate circuitele acordate și astfel selectivitatea ar scădea mult.

In sfârșit, apropierea accidentală a unui corp bun conducător de electricitate, cum ar fi de exemplu mâna, schimbă capacitatea condensatorilor și desacordează circuitul, fenomen deseori observat la aparatele mai vechi. Blindajul ferește deci aparatul de desacordări accidentale.

Așa dar, în rezumat, blindajul permite mărirea amplificării, sporește selectivitatea și ferește aparatul de desacordările accidentale pricinuite de influențe exterioare.

Efectul blindajului este după cum am arătat, electrostatic și electromagnetic.

Ecranul electrostatic, care nu este decât o aplicație a cușteiului Faraday, trebue neapărat pus la pământ; el poate fi format dintr'o placă, sau chiar dintr'o rețea metalică (fig. 50).

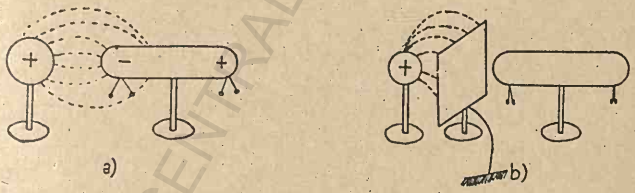


Fig. 50. — Ecranul electrostatic

Blindajul magnetic este sediul unor curenți induși, cari anulează efectul magnetic al bobinei (dincolo de blindaj) (fig. 51). Pentru aceasta blindajul va avea o rezistență ohmică cât mai mică și trebue să formeze un circuit bine închis. Cu alte cuvinte tabla trebue perfect îmbinată sau mai bine, să n'aibe îmbinări, adică să fie formată prin presare.

Dar blindajul modifică caracteristicele electrice ale pieselor pe care le izolează: mărește capacitatea condensatorilor, reduce inductanțele și în general mărește rezistența în înaltă frecvență.

Pentru a reduce acest neajuns, blindajul trebue făcut din materiale bune conducătoare de electricitate, aramă sau aluminiu și nu trebue așezat prea aproape.

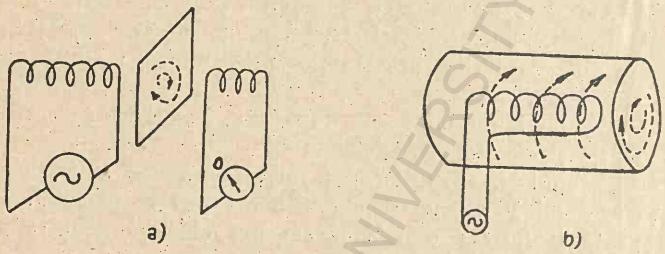


Fig. 51. — Ecranul electromagnetic

Blindajele cilindrice care închid bobinele se fac de obiceiu din tablă de aluminiu de 0,5 mm sau chiar mai subțire, iar diametrul blindajului este de două ori mai mare decât diametrul bobinei. In acest caz blindajele nu reduc pe «*Q*» cu mai mult de 10—15%.

Blindajele se întrebuințează nu numai în circuitele radioelectrice propriu zise, precum vom vedea mai departe, dar și în transformatoarele de alimentare dela rețea, pentru a elimina paraziții cari vin pe această cale. Acesta este un ecran electrostatic și constă dintr'o tablă metalică care se înfășoară între primar și secundar. Placa trebue legată la pământ însă va fi bine izolată față de bobinaje, iar capetele tablei nu trebue să se atingă (spre a nu constitui un secundar scurtcircuitat).

De asemenea se blindează și cadrele de recepție precum vom vedea la capitolul respectiv.

Neutrodinarea

Suprimarea cuplajelor parazite se poate face într'unele cazuri fără blindare. In acest caz, se contrabalansează cuplajul parazit, printr'un alt cuplaj de aceeaşi mărime, dar de sens invers.

Să luăm de exemplu un circuit care începe să oscileze sub influenţa impulsurilor electrostatice pe care le primeşte prin cuplajul capacitiv parazit dela capătul *A* (fig. 52 a). Pentru a opri aceste oscilaţii, n'avem decât să adăugăm un al doilea cuplaj capacitiv egal cu primul, la capătul *B*, prin adăugarea condensatorului *N* numit neutrodon (fig. 52 b).

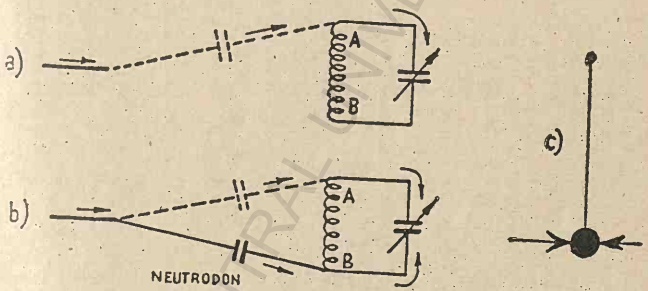


Fig. 52. — Principiul neutrodinării

Circuitul oscilant primeşte acum două impulsuri egale la ambele capete. Faţă de oscilaţiile din circuitul considerat, aceste două impulsuri sunt de sens contrar şi ca atare nu mai produc oscilaţii.

Este cazul pendulului din fig. 52 c, care primeşte în aceeaşi clipă două impulsuri egale şi de sens contrar şi astfel rămâne pe loc

Să luăm acum două circuite oscilante cuplate printr'o capacitate parazită *P* şi neutrodinate pritr'o capacitate *N*, acestea se montează ca în fig. 53 a, cu priza mediană *M*.

Astfel nici capătul de jos al circuitului *I* nu mai poate produce oscilaţii în circuitul *II*. Fig. 53 b reprezintă cazul din *a)* aplicat la o lampă de radio.

Capacitatea parazită sită-placă prin care se cuplează cele două circuite oscilante este neutrodinată prin *N*.

In montajele de radio trebue să se realizeze întotdeauna simetria necesară pentru a obţine o adevăratâ neutrodinare, în cazul de faţă priza mediană.

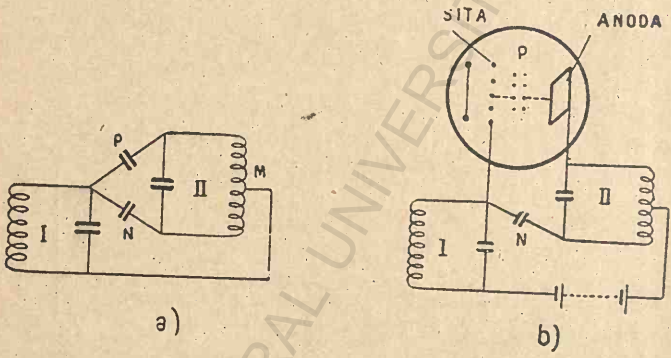


Fig. 53. — Neutrodinarea aplicată la două circuite oscilante cuplate printr'o capacitate parazită *P* şi o legătură metalică

Neutrodinarea nu mai este necesară astăzi în aparatele de recepţie, decât în cazuri speciale, căci se întrebuinţează lămpi cu sită ecran, adică lămpi care au un ecran electrostatic între sită şi placă.

Astfel cuplajul parazit se suprimă şi nu mai trebue compensat.

La posturile de emisiune însă, neutrodinarea se întrebuinţează în mod curent. Condensatorii de neutrodinare se reglează odată pentru totdeauna la construcţia postului, ei sunt de obiceiu foarte mici.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL VI

CUPLAREA CIRCUITELOR, TRANSFERUL PUTERII

Cuplarea circuitelor

Dacă două circuite au una sau mai multe impedanţe comune, se zice că sunt cuplate. Prin impedanţă comună se înţelege o impedanţă astfel aşezată încât trecerea curentului într'un circuit influenţează curentul în celălalt circuit.

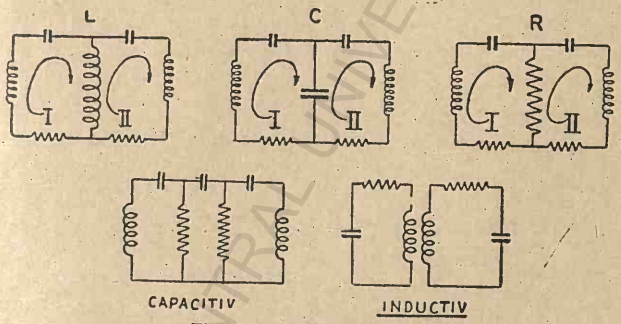


Fig. 54.— Diferite cuplaje

Fig. 54 arată cele trei feluri de cuplaje: inductiv, capacitiv şi rezistiv. Curentul din primul circuit trece prin elementul comun *L*, *C*, sau *R*, produce o diferenţă de potenţial la capetele elementului şi această diferenţă de potenţial determină un curent în al doilea circuit. Tot în fig. 54 jos, sunt două cuplaje indirecte. Ultimul, cel inductiv este foarte întrebuinţat în radio.

Prin dispozitivele de mai sus se face un transfer de putere dintr'un circuit în altul. Aceasta e una din cele mai importante probleme de radio care se iveşte la tot pasul.

Transferul maxim de putere

In general vorbind, pentru obținerea unui efect cât mai mare, o sarcină trebuie să fie întotdeauna potrivită sursei sale de energie, sau a motorului său, — fie că acest motor este termic, electric sau uman.

Să mă explic.

Un om de exemplu, înhămat la o sarcină prea mare n'o poate urni din loc și nu produce nimic.

Dacă pe de altă parte sarcina este prea mică, omul « lucrează în gol » își irosește timpul și energia.

Așa bunăoară pentru a transporta într'un timp dat cât mai multă apă dintr'un loc într'altul, omul nu încearcă să ia în spinare un butoiu pe care nu-l poate duce, dar nici nu-și pierde timpul transportând apa cu un degetar, ci își alege o sarcină potrivită puterilor sale, deobicei două găleți.

Aceste constatări se pot extinde dela sarcinile mecanice și la sarcinile spirituale. Dacă ocupația unui individ este nepotrivită cu puterile lui, nu produce cât ar putea da, fie că puterile lui sunt prea mici, fie că sunt prea mari față de ocupația ce o are.

Și acum să trecem la cazul care ne interesează și anume la stabilirea raportului optim între sursa electrică și sarcină, sau mai precis condiția necesară pentru a trece maximum de putere dintr'un circuit într'altul.

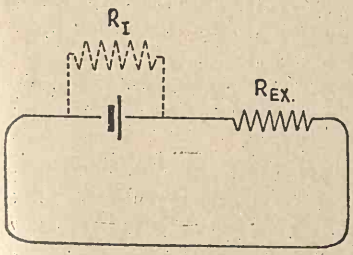
Sarcină rezistivă cuplată direct.

Prima întrebare pe care ne-o punem în mod firesc, este cum putem trece maximum de putere dintr'un circuit într'altul.

O lege fundamentală a electricității ne dă un răspuns general foarte simplu, pentru curentul continuu și alternativ: *pentru a utiliza maximum de putere, impedanța sarcinei trebue să fie egală cu impedanța sursei.*

Să luăm întâiu exemplul cel mai simplu, în care impedanțele sunt reduse la rezistențe ohmice, fig. 55.

O pilă electrică cu forța electromotrice de 1,5 V și cu rezistența interioară de 0,5 ohmi trebue să debiteze ma-



Wați max. în R_{EX} *când:*

$R_I = R_{EX.}$

Amperi max. în R_{EX} *când:*

$R_{EX} = 0.$

Fig. 55. — Debitul unei pile pe o rezistență

ximum de putere pe o sarcină exterioară. Conform legii de mai sus problema se rezolvă imediat, sarcina trebue să fie de 0,5 ohmi.

Un calcul elementar ne permite să facem o verificare sumară a condiției de egalitate enunțată mai sus.

Puterea debitată pe 0,5 ohmi este următoarea:

$$I = \frac{\text{Forța lectromotrice}}{\text{Rezistența interioară a pilei, plus rezistența sarcinei}}$$

$$= \frac{1,5}{0,5 + 0,5} = 1,5 \text{ Amp}$$

iar puterea $= I^2 R = (1,5)^2 \times 0,5 = 1,125$ wați.

Pentru alte rezistențe, — să luăm 0,6 ohmi și 0,4 ohmi, — avem:

$$I = \frac{1,5}{1,1} = 1,363 \text{ și } I^2 R = 1,857 \times 0,6 = 1,114 \text{ wați}$$

$$I = \frac{1,5}{0,9} = 1,666 \text{ și } I^2 R = 2,7556 \times 0,4 = 1,102 \text{ wați}$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Avem aşa dar puterea maximă cu rezistenţa de 0,5 ohmi.

Dacă rezistenţa sarcinei ar fi fost infinită curentul ar fi fost zero şi produsul $IE = 0$ waţi, iar dacă rezistenţa sarcinei ar fi fost zero, voltajul disponibil E ar fi fost zero şi ca atare aveam iar zero waţi ($IE = 0$). Prin urmare e evident că rezistenţa sarcinei nu trebue să fie nici prea mare nici prea mică.

Ca şi în exemplul de mai sus, o lampă de radio dă puterea maximă când i se pune o sarcină egală cu rezistenţa ei interioară [1]).

Să luăm acum cazul unui circuit oscilant, fig. 56. Dacă sarcina R_{EX} e montată în serie cu circuitul oscilant, va absorbi puterea maximă când rezistenţa sarcinei = rezistenţa ohmică a circuitului oscilant.

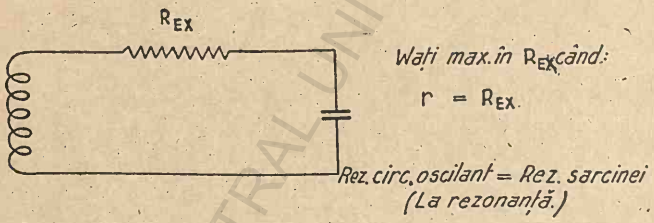


Fig. 56. — Debitul unui circuit oscilant pe o rezistenţă montată în serie

Această relaţie se referă bineînţeles la rezonanţă, când reactanţele inductive şi capacitive se anulează $\left(\frac{1}{C\omega} = L\omega\right)$ şi nu rămâne decât rezistenţa ohmică, sau mai exact rezistenţa în înaltă frecvenţă, « R ».

---

[1]) Dar în acest caz lucrurile se complică: apar deformaţii, şi pentru a evita aceste deformaţii se alege o sarcină de două ori mai mare decât rezistenţa interioară a lămpii, în cazul triodei. Aceste cazuri complexe vor fi studiate ulterior.

Dacă rezistența e montată în paralel (fig. 57), atunci rezistența sarcinei = rezistența dinamică a circuitului oscilant

$$R_{EX} = \frac{L}{CR}.$$

O observație de ordin general: maximum de putere în sarcină *nu* corespunde cu maximum de curent. Ob-

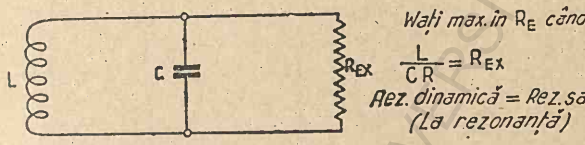


Fig. 57. — Debitul unui circuit oscilant pe o rezistență montată în paralel

ținem maximul de curent în scurt-circuit când sarcina este redusă la zero, dar atunci toată energia e cheltuită numai în sursă.

Mai e de observat că în cazul când se utilizează maximum de putere dintr'o sursă, randamentul e numai de 50%, fiindcă jumătate din putere se cheltuește chiar în sursă și numai jumătatea cealaltă se cheltuește în sarcină. Este evident că pentru un randament mai bun sarcina trebue să aibă o rezistență mai mare decât sursa. Aceasta reiese din formula $W = I^2 R$, « I » fiind același și în sursă și în sarcină, puterea cheltuită în sursă și în sărcină este prin urmare proporțională cu rezistențele lor respective.

Pilele și acumulatorii electrici de exemplu, debitează întotdeauna pe rezistențe mult mai mari decât rezistența lor interioară și în felul acesta aproape toată energia disponibilă e întrebuințată în sarcină și nu pentru încălzirea interioară a pilelor sau a acumulatorilor.

Acelaşi lucru se întâmplă şi cu dinamurile a căror rezistenţă e mult mai mică decât sarcinile pe care lucrează.

Transformatorul de joasă frecvenţă

Un transformator e format din două bobinaje, unul denumit «primar» (alimentat de sursa de curent alternativ) şi celălalt denumit «secundar» care debitează pe sarcină. Cuplajul care trebue să existe între aceste două bobinaje se completează de obiceiu cu un miez de fier (fig. 58).

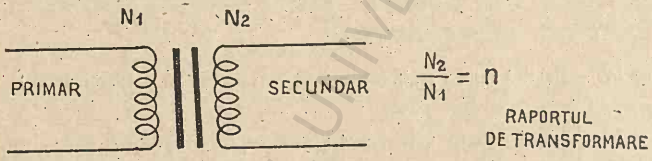


Fig. 58.— Transformatorul

Raportul între numărul de spire al bobinei secundare şi bobina primară se numeşte *raport de transformare.*

Vom vedea că raportul de transformare e egal cu raportul între tensiunile celor două bobine când transformatorul lucrează în gol.

La trecerea unui curent alternativ în primar, liniile de forţă magnetice legate de acest circuit taie bobinajul secundar şi produc un curent indus. Dacă secundarul are acelaşi număr de spire ca primarul, voltajul din secundar va fi egal cu voltajul din primar. Dacă însă aceleaşi linii de forţă ale primarului taie mai multe spire ale secundarului se va produce aci un voltaj mai ridicat. Raportul între numărul de spire e proporţional cu voltajul la bornele celor două bobinaje.

Dacă de exemplu primarul e alimentat la 120 V şi are 100 spire, iar secundarul 200 spire, vom avea:

$$120 \times \frac{200}{100} = 240 \text{ V, la secundar.}$$

Insă conform principiului conservării energiei (şi neglijind pierderile din transformator) avem tot atâţia waţi în primar ca şi în secundar, adică:

$$I_p V_p = I_s V_s$$

Ceea ce înseamnă că în cazul de mai sus intensitatea curentului secundar se reduce la jumătate din intensitatea curentului din primar.

Să vedem acuma ce influenţă are asupra primarului sarcina pusă pe secundar.

Dacă secundarul e în circuit deschis constatăm că primarul nu absoarbe putere (abstracţie făcând de micile şi inevitabilele pierderi) primarul se comportă în acest caz ca o inductanţă pură. Dar de îndată ce se închide circuitul secundarrlui, primarul debitează putere şi debitează mai multă putere dacă rezistenţa secundarului e mică. Explicaţia e simplă: curentul din secundar produce un câmp magnetic care reduce câmpul magnetic al primarului [1]) ceea ce echivalează cu reducerea inductanţei şi implicit a rectanţei inductive, aşa încât acuma poate să treacă mai mult curent.

Putem spune că inductanţa primarului a fost redusă prin prezenţa secundarului iar rezistenţa mărită, precum am văzut mai sus.

Să presupunem că avem în exemplul anterior 1,2 amperi în primar. Conform celor stabilite vom avea 0,6 amperi în secundar.

Aşa dar rezistenţa, sau mai exact impedanţa aparentă a primarului va fi de

---

[1]) Curentul din secundar e în sens invers faţă de primar.

$$\frac{120}{1,2} = 400 \text{ ohmi}$$

iar a secundarului

$$\frac{240}{0,6} = 400 \text{ ohmi.}$$

Prin urmare, pentru un raport de transformare de 2 avem un raport de impedanțe de 4. Dacă refacem calculele, pentru un raport de transformare de 3 găsim că raportul impedanțelor e 9 ș. a. m. d.

Așa dar o rezistență R_2 în secundar este echivalentă cu o rezistență

$$\frac{R_2}{n^2}$$

adăugată în primar, n fiind raportul de transformare.

Această rezistență adăugată primarului de secundar se mai numește «rezistență reflectată» asupra primarului, și o vom desemna prin R_p. «Rezistența reflectată» se mai numește și rezistența văzută dela bornele primarului.

Și pentru transferul maxim de energie $\frac{R^2}{n^2} = R_1$ (fig. 59) R_1 fiind rezistența primarului.

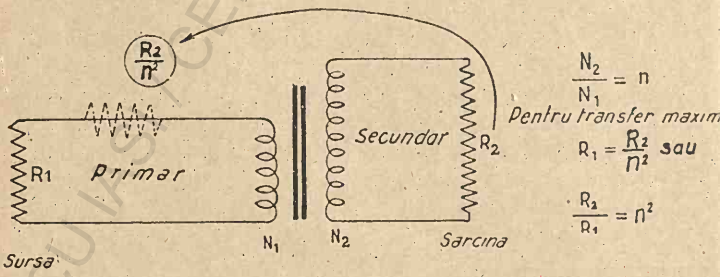


Fig. 59. — Sarcină rezistivă legată prin transformator

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sau generalizând, raportul impedanțelor din primar și din secundar trebue să fie egal cu pătratul raportului de transformare

$$n^2 = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Primarul poate fi asemuit cu o oglindă convexă sau concavă, în care rezistența din secundar apare mărită sau micșorată, după cum raportul de transformare e mai mare sau mai mic de 1.

Formula de mai sus se exprimă deobicei astfel

$$n = \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}.$$

Această formulă de o importanță covârșitoare găsește nenumărate aplicații în aparatele de radio.

Astfel putem determina de exemplu raportul transformatorului care leagă o lampă finală de difuzor pentru a avea o audiție cât mai puternică. Avem:

$$n = \sqrt{\frac{\text{impedanța difuzorului}^{1)}}{\text{rezistența interioară a lămpei.}}}$$

Exemplu numeric. Rezistența interioară a unei lămpi finale e de 3.000 ohmi, iar impedanța difuzorului e de 7,5 ohmi. Care va fi raportul transformatorului de ieșire care dă audiția cea mai puternică?

$$n = \sqrt{\frac{7{,}5}{3000}} = \frac{1}{20}$$

E interesant de semnalat aci că recepțiile în difuzor pe galenă sunt condiționate în primul rând de potrivirea

---

[1]) Se va arăta în capitolul despre amplificare că formula aceasta nu se aplică întocmai pentru a nu avea deformări.

Se înlocuește anume «rezistența interioară a lămpei» prin «sarcina optimă a lămpei».

impedanței difuzorului față de galenă (se cere o impedanță mai mică decât pentru lămpi).

Transformatorul de înaltă frecvență

Considerațiuni generale. In cazul transformatorului considerat mai sus, am presupus un transformator ideal îndeplinind adică următoarele condițiuni:

1. Cuplaj foarte strâns între primar și secundar, adică toate liniile de forță din primar trec prin secundar și invers ($k = 1$).

2. Pierderi neglijabile în cupru, în fier, precum și în mediul ambiant.

La frecvențele radioelectrice, aceste condițiuni nu sunt îndeplinite.

In primul rând, coeficientul de cuplaj «k» are valori mult mai mici de 1, cam 0,01. Amintim că prin coeficient de cuplaj «k», se înțelege raportul între cuplajul existent M și cuplajul maxim ce se poate obține, adică $\sqrt{L_1 L_2}$.

Avem așa dar $$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

Când $k = 1$ (în transformatorii industriali de joasă frecvență atinge valoarea 0,98—0,99), raportul tensiunilor între primar și secundar, e precum am văzut egal cu raportul numărului de spire

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

Când «k» e diferit de 1 avem:

$$\frac{V_2}{V_1} = k\frac{N_2}{N_1} = kn$$

considerând transformatorul în gol.

In sarcină lucrurile se complică.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Să considerăm cazul general $k < 1$, primarul şi secundarul desacordat, având C, L şi R. Ne vom opri asupra cazurilor speciale.

Considerăm primarul ca sediul unor oscilaţii forţate [1]).

Constatăm că în acest caz, secundarul nu mai reflectă asupra primarului o rezistenţă egală cu

$$R_p = \frac{R_2}{n^2}$$

ca în cazul transformatorului de joasă frecvenţă, ci reflectă o rezistenţă egală cu

$$R_p = \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 R_2 .$$

Să înlocuim pe Z_2, impedanţa secundarului, prin valoarea sa, avem:

$$R_p = \frac{\omega^2 M^2 R_2}{R_2^2 + \left(\omega L_2 - \frac{\omega C_2}{1}\right)^2}$$

în care L_2 şi C_2, sunt inductanţa şi capacitatea din secundar.

In cazul când circuitul secundar e acordat pe frecvenţa primarului, atunci paranteza dela numitor se anulează. Aşa dar, în cazul rezonanţei, rezistenţa R_p reflectată de secundar pe primar, devine

$$R_p = \frac{\omega^2 M^2}{R_2} = \frac{\omega^2 K^2 L_1 L_2}{R_2}$$

întrucât

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

---

[1]) Prin « oscilaţii forţate » se înţeleg oscilaţiile care îşi impun frecvenţa, care prin urmare sunt independente de cuplaj. De exemplu, o antenă receptoare sau un cadru sunt sediul unor oscilaţii forţate.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezistenţa reflectată

Expresia dată mai sus $R_p = \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 R_2$

se poate deduce destul de uşor precum urmează.

Primarul induce în secundar o tensiune $V_2 = \omega M I_1$.

Curentul care rezultă în secundar este prin urmare $I_2 = \frac{\omega M I_1}{Z_2}$ şi defazarea acestui curent faţă de V_2 se exprimă prin unghiul Φ a cărui tangentă e $\frac{X_2}{R_2}$

Curentul acesta are prin urmare o componentă în fază cu V_2 care este $I_2 \cos \Phi$ şi o componentă decalată cu 90° faţă de V_2 care este $I_2 \sin \Phi$.

Dar $$I_2 \cos \Phi = I_2 \frac{R_2}{Z_2}$$

şi $$I_2 \sin \Phi = I_2 \frac{X_2}{Z_2}.$$

Să vedem acum care e rezistenţa reflectată în primar.

Componenţa curentului $I_2 \cos \Phi$, produce o tensiune indusă în primar egală cu $\omega M I_2 \cos \Phi$ sau $\omega M I \frac{R_2}{Z_2}$ defazată cu 90° în urma lui $I_2 \cos \Phi$.

Deoarece tensiunea V_2 care e în fază cu $I_2 \cos \Phi$ rămâne în urmă cu 90° faţă de curentul I_1, şi tensiunea indusă înapoi în circuitul primar rămâne în urmă cu 90° faţă de $I_2 \cos \Phi$. Aşa dar tensiunea indusă în primar este defazată cu 180° faţă de curentul din acest cercuit.

Prin urmare, circuitul secundar se manifestă prin inducerea în circuitul primar a unei forţe electromotrice

opusă forței electromotrice inițiale din primar V_1, care pune în mișcare curentul I_1 prin rezistența ohmică a primarului. Astfel putem spune că forța electromotrice V_1 produsă inițial în circuitul primar este redusă prin forța electromotrice $\omega M I_2 \frac{R_2}{Z_2}$ reflectată din secundar și că diferența acestor forțe electromotrice, determină curentul I_1 prin rezistența R_1

Avem adică

$$V_1 - \omega M\, I_2 \frac{R_2}{Z_2} = I_1 R_1$$

sau

$$V_1 = I_1\, R_1 + \omega M\, I_2 \frac{R_2}{Z_2}$$

dar

$$I_2 = \frac{\omega\, M\, I_1}{Z_2}$$

deci

$$V_1 = I_1\, R_1 + \omega^2\, M^2\, I_1 \frac{R_2}{Z_2} = I_1 \left(R_1 + \frac{\omega^2\, M^2\, R_2}{Z^2{}_2} \right)$$

Ceea ce înseamnă că rezistența inițială a primarului R_1 a fost sporită cu

$$\frac{\omega^2\, M^2\, R_2}{Z^2{}_2}$$

care este rezistența reflectată de secundar asupra primarului.

Reactanța reflectată. Influența secundarului asupra primarului nu se manifestă numai prin mărirea rezistenței

acestuia, precum am văzut mai sus, dar şi prin modificarea impedanţei lui.

In cazul precedent am considerat numai componenta *rezistivă* a forţei electromotrice reflectată în primar. Să considerăm acum şi componenta *reactivă*, care e decalată cu 90° faţă de curent.

Pentru a simplifica demonstraţia presupunem că atât circuitul primar cât şi cel secundar sunt inductive, că prin urmare curentul rămâne în urmă faţă de voltaj.

Curentul din secundar I_2 are o componentă $I_2 \sin \Phi$, care rămâne în urmă cu 90° faţă de tensiunea din secundar V_2.

Această componentă $I_2 \sin \Phi$ produce în primar o forţă electromotrice $\omega M I_2 \sin \Phi$ sau $\omega M I_2 \frac{X_2}{Z_2}$ care rămâne în urmă cu 90° faţă de $I_2 \sin \Phi$ şi implicit cu 180° faţă de V_2. Dar V_2 rămâne în urmă cu 90° faţă de curentul iniţial din primar I_1 şi astfel $\omega M I_2 \frac{X_2}{Z_2}$ rămâne în urmă cu 270° (sau o ia înainte cu 90°) faţă de I_2.

Aşa dar $\omega M I_2 \frac{X_2}{Z_2}$ e în fază cu componenta reactivă V_X, a forţei electromotrice reflectată în primar.

Deci
$$V_x + \omega M I_2 \frac{X_2}{Z_2} = I_1 X_1$$

$$V_x = I_1 \left(X_1 - \frac{\omega_2 M_2}{Z^2_2} X_2 \right)$$

Aceasta înseamnă că reactanţa aparentă a primarului a fost redusă dela valoarea iniţială X_1 la

$$\left(X_1 - \frac{\omega^2 M^2}{Z^2_2} X_2 \right)$$

prin faptul că primarul e cuplat de secundar.

Concluzia aceasta e foarte importantă în radio întru cât ne arată că prin cuplarea unui circuit se produce un desacord și că acest desacord e cu atât mai pronunțat, cu cât cuplajul e mai strâns, pentru a accentua numai importanța unuia din cei patru factori, cari formează expresia de mai sus.

In cazul cuplajelor prin inductanță sau capacitate (fig. 54), termenul ωM din formula de mai sus se înlocuește respectiv prin ωL_c sau $\frac{1}{\omega C_c}$ (C_c și L_c fiind capacitatea și inductanța de cuplaj)

Un studiu complet al cuplajului rezistiv (fig. 54) duce la rezultate puțin diferite — rezistența este redusă dela R_1 la $(R_1 - \frac{R^2_c}{Z^2_c} R_2)$, pe când reactanța crește dela X_1 la $\left(X_1 + \frac{R^2_c}{Z^2_c} X_2\right)$, notând prin R_c rezistența de cuplaj.

Transferul de putere maxim

Intorcându-ne acum la cazul secundarului acordat, am văzut că rezistența reflectată în primar, e egală cu

$$R_p = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2}$$

și pentru a realiza un trarsfer maxim de putere, trebue să satisfacem relația fundamentală enunțată la începutul acestui capitol, anume egalitatea între rezistența sarcinei, în cazul de față R și rezistența sursei R_1 [1]).

---

[1]) Considerăm aci rezistența Ri mult mai mare decât reactanța. E un caz obișnuit în radio, de exemplu când avem rezistența interioară a unei lămpi care constitue generatorul.

Avem

$$R_1 = R_p = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2}$$

sau

$$k^2 = \frac{R_1 R_2}{\omega^2 L_1 L_2}$$

Această expresie se mai scrie şi sub forma

$$\omega^2 M^2 = R_1 R_2 \quad \text{sau} \quad \omega^2 M^2 = Z_1 Z_2$$

Când această relaţie e satisfăcută, cuplajul se numeşte critic.

De aci rezultă o concluzie foarte importantă, că pentru un transfer de putere maximă trebue să avem un cuplaj optim, care *nu* este cuplajul maxim (de obiceiu numai 1/100 din cuplajul maxim).

Aşa dar în loc ca transferul de putere să fie determinat de raportul de transformare, care singur ne interesa în cazul simplu al transformatorului de joasă frecvenţă considerat la început, acum transferul de putere este determinat de coeficientul de cuplaj.

Practic, ştie orice amator că strângând de exemplu cuplajul cu antena, semnalele cresc până ce ajung la un maxim iar dincolo de un anumit cuplaj semnalele scad.

Variaţia cuplajului ne permite aşa dar să ajungem la un transfer de putere maxim. Dar acest maximum e relativ, în sensul că mai poate fi mărit prin îndeplinirea unei alte condiţiuni.

A doua condiţie care trebue îndeplinită pentru transferul maxim de putere e

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

adică defazarea din primar să fie egală cu defazarea din secundar, înainte ca circuitele să fi fost cuplate.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Când circuitele sunt cuplate şi se obţine transferul de putere maxim, curentul din primar e adus în fază cu voltajul din primar, curentul din primar devine astfel maxim, putând să inducă maximum de energie în secundar.

Astfel când ambele condiţiuni de mai sus sunt satisfăcute, transferul maxim de putere e dat de relaţia

$$W_{MAX} = \frac{E_1^2}{4R_2}$$

în care E_1 este forţa electromotrice aplicată în primar, iar R_2 este rezistenţa din secundar.

Valoarea maximă a curentului ce se poate obţine în secundar e dată de relaţia

$$I_{MAX} = \frac{E_1}{2\sqrt{R_1 R_2}}$$

în care avem aceiaşi notaţie ca mai sus, iar R_1 este rezistenţa primarului.

Influenţa cuplajului asupra curbei de rezonanţă

Transferul maxim de putere nu este singura problemă care interesează în aparatele de radio.

Când se variază cuplajul se constată precum am arătat o variaţie în transferul puterei, dar totodată se schimbă şi forma curbei de rezonanţă a secundarului.

Să considerăm întâiu cuplajul larg, adică bobinele distanţate. In acest caz influenţa secundarului asupra primarului e neglijabilă şi obţinem curba de rezonanţă $k = 0{,}001$ din fig. 60.

Dacă strângem cuplajul din ce în ce obţinem succesiv curbele de rezonanţă $k = 0{,}01$ şi $k = 0{,}05$.

Se observă aşa dar o lărgire a curbei de rezonanţă şi mai târziu apariţia a două maxime, care se depărtează treptat. Frecventele lor sunt date de formula

$f = \frac{f_0}{\sqrt{1 \pm k}}$ în care «f_0», e frecvența de rezonanță. Din această formulă rezultă că avem numai o frecvență când cuplajul e larg («k» aproape egal cu zero) și tot o frecvență când cuplajul e strâns ($k = 1$), a doua frecvență fiind infinită. Apariția celor două maxime are o foarte mare importanță practică.

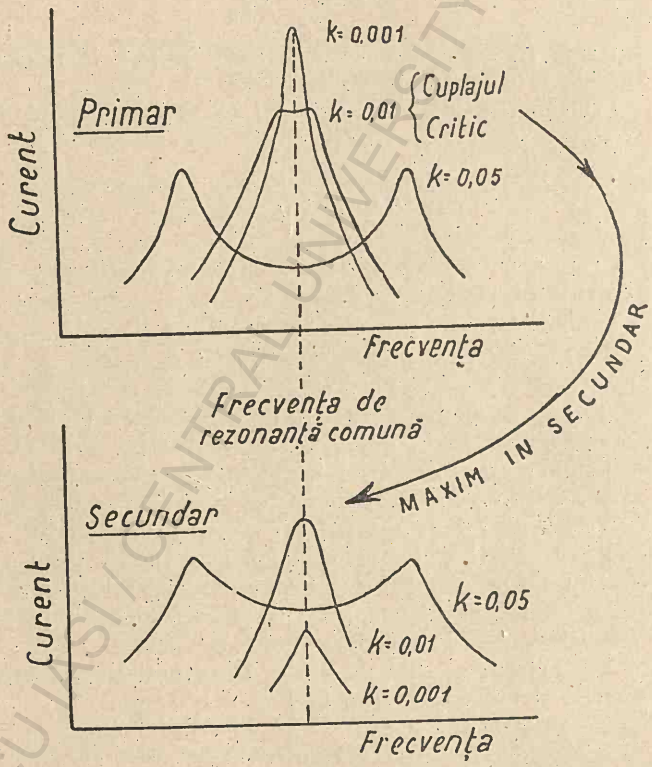


Fig. 60. — Influența cuplajului asupra curbelor de rezonanță

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru a mări selectivitatea se va sacrifica aşa dar din intensitatea semnalului slăbind cuplajul. In general se preferă un cuplaj mai slab decât un cuplaj prea strâns, fiindcă în primul caz avem cel puţin o compensare pentru pierderea de intensitate, prin mărirea selectivităţii. Dacă însă cuplajul este prea strâns, avem şi o pierdere de intensitate şi de selectivitate.

Sunt însă cazuri când se simte nevoia de a lărgi curba de selectivitate şi atunci se strânge cuplajul mai mult. Aceasta se întâmplă în etajele de medie frecvenţă a superheterodinelor când trebue redusă selectivitatea prea mare, spre a menţine bandele laterale de modulaţie, şi a evita astfel deformările.

Filtrele

Prin filtru se înţelege un dispozitiv electric care favorizează trecerea unor frecvenţe faţă de alte frecvenţe care sunt stăvilite şi eliminate.

Filtrele sunt de mai multe feluri, ele lasă să treacă:

1. frecvenţele înalte,
2. frecvenţele joase,
3. o bandă de frecvenţe,
4. toate frecvenţele *afară* de o anumită bandă.

Primele trei filtre sunt ilustrate în figura 61.

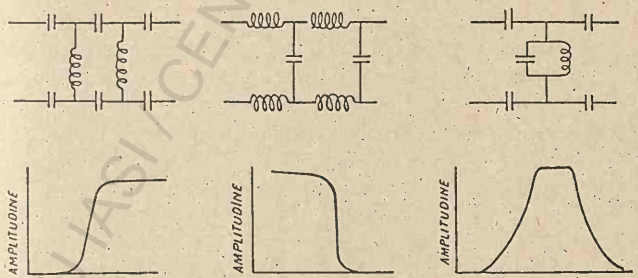


Fig. 61. — Cele trei tipuri de filtre mai importante

Dar şi un simplu circuit oscilant constitue un filtru, iar circuitele cuplate pe care le-am considerat în ultimul paragraf constitue un filtru de bandă. Intr'adevăr din fig. 60 rezultă că la un cuplaj puţin mai mare decât cuplajul critic, obţinem un efect de filtru de bandă în secundar. Acest filtru de bandă obţinut prin cuplarea potrivită a două circuite oscilante e foarte întrebuinţat în superheterodine (la media frecvenţă). Filtrele găsesc întrebuinţări din ce în ce mai întinse şi mai variate. Construcţia lor este de obiceiu mai complexă decât schemele date aci, iar studiul lor depăşeşte cu mult cadrul acestei lucrări.

CAPITOLUL VII

UNITĂŢI DE ATENUARE

Decibelul

Decibelul este o unitate de atenuare. Cu alte cuvinte este o unitate care exprimă slăbirea unui semnal.

Şi cum noţiunea de slăbire se leagă de ideea raportului între puterea semnalului emis P_1 şi puterea semnalului recepţionat P_2, avem

$$\frac{P_1}{P_2} = a .$$

Prin urmare raportul între puterea emisă şi puterea recepţionată este egală cu «a» care este coeficientul de atenuare.

Cetitorul ar putea crede că acest raport este unitatea căutată. Dar din motive pe cari le vom vedea îndată, s'a găsit că este mult mai bine de a lua nu raportul puterilor ci logaritmul acestui raport. Avem aşa dar

$$\log._{10} \frac{P_1}{P_2} = N \text{ beli}$$

«Bel» fiind unitatea de atenuare.

Denumirea a fost dată în amintirea lui Graham Bell inventatorul telefonului, iar unitatea «bel» se scrie cu un singur «l» pentru a evita confuzia ce s'ar putea face cu «bell» care înseamnă pe englezeşte clopot.

De obiceiu se întrebuinţează o unitate de 10 ori mai mică decât «bel»-ul, «decibelul».

Avem prin urmare

$$10 \log._{10} \frac{P_1}{P_2} = N \text{ decibeli}$$

Aceasta este definiţia decibelului.

In loc de a face raportul puterilor este adeseori mai la îndemână de a face raportul intensităţilor sau al voltajelor. Puterea fiind proporţională cu pătratul intensităţilor sau cu pătratul voltajului aplicat (pe o aceiaşi rezistenţă), avem:

$$N \text{ decibeli} = 10 \log._{10} \frac{P_1}{P_2} = 10 \log._{10} \frac{I_1^2}{I_2^2} = 20 \log._{10} \frac{I_1}{I_2}$$

prin urmare

$$N \text{ decibeli} = 20 \log._{10} \frac{I_1}{I_2}$$

şi

$$N \text{ decibeli} = 20 \log._{10} \frac{V_1}{V_2}$$

Am văzut la începutul acestui capitol că atenuarea se exprimă prin raportul (sau logaritmul raportului) dintre puterea semnalului emis şi puterea semnalului recepţionat. De aci rezultă că a doua definiţie care se referă la raportul intensităţilor sau al voltajelor implică neapărat aceiaşi rezistenţă sau aceiaşi impedanţă în circuitul emiţător şi receptor.

Unitatea de atenuare «decibelul» a fost extinsă. In primul rând decibelul nu se întrebuinţează numai pentru

slăbirea semnalelor produse de o linie ci şi pentru întărirea semnalelor produse de un amplificator.

In primul caz raportul ia semnul negativ, avem prin urmare o pierdere de atâţi «decibeli», iar în cazul al doilea raportul e considerat pozitiv şi avem un câştig de atâţi «decibeli».

In al doilea rând «decibelul» se întrebuinţează şi pentru a indica diferenţa de nivel între două semnale deosebite.

Să vedem acum de ce s'a ales logaritmul raportului dintre puteri şi nu raportul simplu.

Două au fost motivele cari au determinat această alegere, primul pentru simplificarea calculelor, iar al doilea de ordin fiziologic.

Simplificarea calculelor se vede imediat dacă luăm cazul unei linii formate din mai multe secţiuni cu amortizări a_1, a_2, a_3, etc. şi amplificatori A_1, A_2, A_3.

Raportul între semnalul recepţionat şi semnalul emis va fi exprimat prin fracţia

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1 \times A_2 \times A_3}{a_1 \times a_2 \times a_3}.$$

Dacă însă luăm logaritmul raportului şi exprimăm atenuarea şi amplificarea prin logaritmi, avem:

$$\log \frac{P_2}{P_1} = \log A_1 + \log A_2 + \log A_3 - \log a_1 - \log a_2 - \log a_3.$$

Vedem aşa dar că înmulţirile şi împărţirile au fost înlocuite prin adunări şi scăderi.

Considerentul fiziologic se bazează pe faptul că impresiile sonore sunt proporţionale cu logaritmul intensităţilor (legea lui Fletscher).

Dacă avem de exemplu un sunet produs cu un miliwatt şi apoi mărim acest sunet (cu ajutorul amplificatorului) la 10 miliwaţi constatăm că adăugarea a 9 miliwaţi produce o anumită întărire a semnalului. Semnalul pare a

fi crescut cu o anumită cantitate, să zicem cu o unitate. Să producem acum un al treilea semnal care să pară mai puternic decât ultimul semnal tot cu o unitate. Constatăm că pentru a obține această a doua unitate nu este de ajuns să adăogăm tot 9 miliwați ca în primul caz ci trebue să mărim puterea dela 10 la 100 de miliwați (adăugând 90 de miliwați). Prin urmare trebue să mărim puterea în *același raport*, în care am mărit-o prima oară. Or logaritmii cresc tocmai în felul acesta reprezentând prin diferențe egale, rapoarte egale. Avem:

log. 10 = 1
log. 100 = 2
log. 1.000 = 3
log. 10.000 = 4

Iată prin urmare de ce *logaritmul* raportului dintre puteri (și nu raportul simplu) ne dă imaginea exactă a impresiilor auditive.

In sfârșit un decibel corespunde în mod aproximativ cu cea mai mică diferență de intensitate pe care o poate percepe urechea, adică 1,26. Cu alte cuvinte, ca să se poată observa că un sunet este mai puternic decât altul, raportul dintre puteri trebue să fie de cel puțin 1,26.

Din toată expunerea de mai sus se vede că un rezultat oarecare exprimat în decibeli nu dă o informație completă atât timp cât nu se precizează și nivelul de plecare, nivelul zero. In anumite cazuri acest nivel de plecare nu prea are importanță, în alte cazuri însă se simte nevoia de a-l preciza și rezultatul în decibeli, se completează prin indicarea nivelului de plecare.

Anumite nivele au fost stabilite odată pentru totdeauna. Astfel avem în radiotehnica europeană nivelul zero la:

1 miliwat alimentare pentru o audiție în cască
50 » » » » » » difuzor și
6 » în radiotehnica americană.

TABLOU DE DECIBELI

Decibeli	Raportul între curenţi sau tensiune	Raportul între puteri	Decibeli	Raportul între curenţi sau tensiune	Raportul între puteri
0,1	1,012	1,023	27	22,387	501,19
0,2	1,023	1,047	28	25,119	630,96
0,3	1,035	1,072	29	28,184	794,33
0,4	1,047	1,097	30	31,623	1000,00
0,5	1,059	1,122	31	35,481	1258,9
0,6	1,072	1,148	32	39,811	1584,9
0,7	1,084	1,175	33	44,668	1995,3
0,8	1,097	1,202	34	50,119	2511,9
0,9	1,109	1,230	35	56,234	3162,3
1	1,122	1,258	36	63,096	3981,1
2	1,258	1,584	37	70,795	5011,9
3	1,412	1,995	38	79,433	6309,6
4	1,584	2,511	39	89,125	7943,3
5	1,778	3,162	40	100,00	10000,0
6	1,995	3,981	41	112,20	12589,2
7	2,238	5,011	42	125,89	15848,9
8	2,511	6,309	43	141,25	19958,6
9	2,818	7,943	44	158,49	25116,9
10	3,162	10,00	45	177,83	31622,8
11	3,548	12,589	46	199,53	39810,7
12	3,981	15,849	47	223,87	50118,7
13	4,466	19,593	48	251,19	63095,7
14	5,011	25,119	49	281,84	79432,7
15	5,623	31,623	50	316,25	100000
16	6,309	39,811	55	562,34	316228
17	7,079	50,119	60	1000,0	10^6
18	7,943	63,096	65	1778,3	$3,162 \times 10^6$
19	8,912	79,433	70	3162,3	10^7
20	10,00	100,00	75	5623,4	$3,162 \times 40^7$
21	11,220	125,89	80	10000	10^8
22	12,589	158,49	85	17783	$3,162 \times 10^8$
23	14,125	199,53	90	31620	10^9
24	15,849	251,19	95	56234	$3,162 \times 10^9$
25	17,783	316,23	100	100000	10^{10}
26	19,953	398,11	105	177830	$3,162 \times 10^{10}$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Neperul

Neperul este o unitate foarte asemănătoare cu decibelul, care se definește astfel:

$$N \text{ neperi} = \frac{1}{2} \log._{nep.} \frac{P_1}{P_2}$$

de unde rezultă coeficientele de transformare

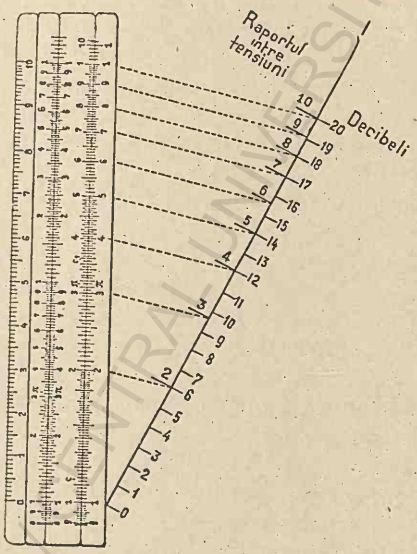


Fig. 62. — Gradarea în decibeli cu ajutorul riglei de calcul

1 decibel = 0,115 neperi
1 neper = 8,686 decibeli

Pentru a termina iată câteva cifre cari vor preciza mai bine noțiunea de decibel.

Gama de sensibilitate a urechii este de 120 decibeli. Decibelul fiind precum am arătat cea mai mică diferenţă de tărie pe care o putem percepe, rezultă că urechea cuprinde 120 de « trepte » de tărie, între sunetul cel mai slab şi cel mai puternic. Aceasta reprezintă o gamă foarte întinsă dela unu, la zece mii de miliarde.

Muzica de orchestră cuprinde o gamă de vreo 60 de decibeli, iar audiţiile radiofonice obişnuite vreo 30 de decibeli.

In sfârşit pentru ca un post de radio perturbator să fie eliminat se cere o atenuare de vreo 30 de decibeli faţă de postul care trebue recepţionat.

Fig. 62 ilustrează o metodă foarte simplă şi rapidă de a împărţi o linie în decibeli, prin simpla transpunere a gradaţiilor unei rigle de calcul.

Dăm la pagina 130 un tabel de decibeli cu echivalentul lor.

Fonul

Fonul este unitatea de intensitate sonoră, percepută de ureche.

In fig. 63 sunt date câteva sunete obişnuite exprimate în foni.

Fonul este o unitate *subiectivă*, se referă adică la intensitatea percepţiei şi nu la intensitatea sunetului.

Intensitatea sunetului într'un loc se poate măsura prin presiunea ce o produce (Dyne [1]) pe cm^2 = μ bar) sau prin puterea pe care o cheltueşte sunetul pe fiecare cm^2, waţi pe cm^2.

Dar există o corelaţie între presiune, putere şi impresiune sonoră.

---

[1]). Dyna este forţa care imprimă unei mase de 1 gram o acceleraţie de 1 cm pe secundă. Este prin urmare 1/981 din forţa cu care este atras 1 gram la latitudinea 50°.

Puterea este proporţională cu pătratul presiunii iar impresiunea e proporţională cu logaritmul presiunii (şi implicit cu logaritmul puterii), după cum a arătat Fletscher.

Fig. 63 reprezintă corelaţia între aceste mărimi.

Fonul este aşa dar o expresie logaritmică ca şi decibelul şi mai mult decât atât, are chiar aceeaşi definiţie

$$N \text{ Foni} = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$$

în care

P_1 presiunea sunetului

P_0 presiunea produsă de un sunet cu frecvenţa 1.000 la limita audibilităţii ($3{,}16 \times 10^{4}$ dyne/cm² sau $2{,}6 \times 10^{-16}$ waţi/cm²).

Fonul diferă de decibel, prin faptul că se referă întotdeauna la sunet şi prin faptul că nivelul zero e limita audibilităţii.

Limita audibilităţii sau nivelului zero se poate exprima printr'o anumită presiune ($3{,}16 \times 10^{4}$ dyne/cm²) după cum nivelul zero în cazul decibelilor poate fi de exemplu 1 miliwat.

Dar sensibilitatea urechii variază mult cu frecvenţa, aşa încât definiţia fonului nu e completă fără precizarea frecvenţei, care a fost aleasă 1.000.

Cât de mult variază sensibilitatea urechii cu frecvenţa, rezultă din fig. 64. Se vede de exemplu, că un sunet cu frecvenţa 30 devine perceptibil, numai dacă are o putere de aproximativ 100.000 de ori mai mare decât un sunet cu frecvenţa 300, care se aude tot la limita perceptibilităţii. (Acest raport de putere de 100.000 corespunde cu un raport de presiune de 1.000).

Pentru ca urechea să perceapă o diferenţă de intensitate între două sunete, ele trebue să difere cu cel puţin un fon.

Putem spune aşa dar că fonul e treapta de sensibilitate.

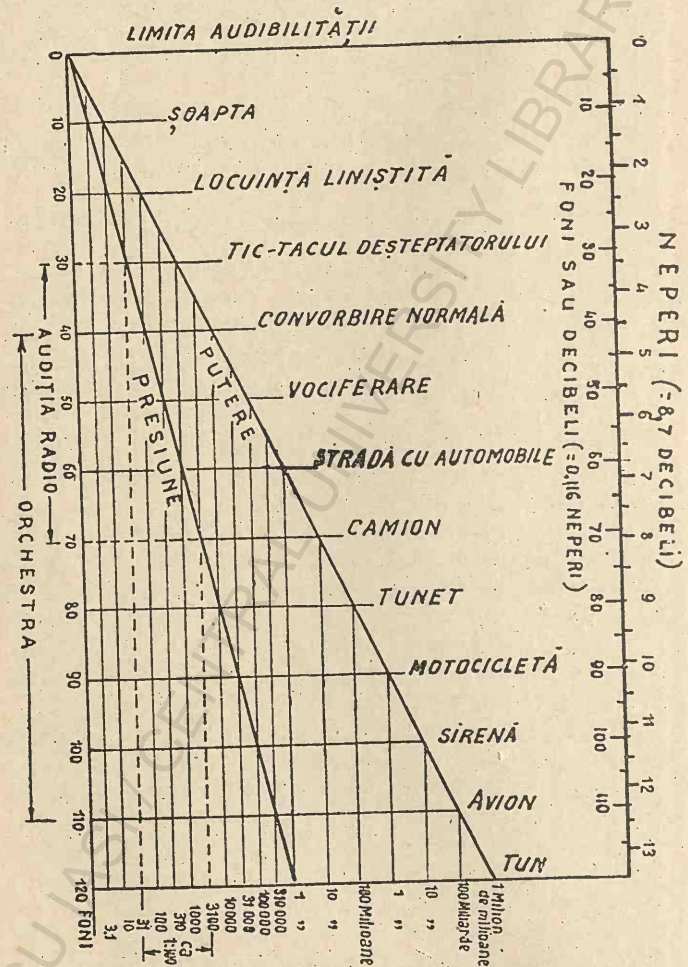


Fig. 63. — Scara fonilor

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din fig. 63 se vede că urechea cuprinde 120 trepte de sensibilitate. Limita superioară a tăriei, o formează sunetele care produc o sensație de durere.

Din gama de 120 de foni, orchestrele cuprind un interval de vreo 70 de foni, iar reproducerile radiofonice numai

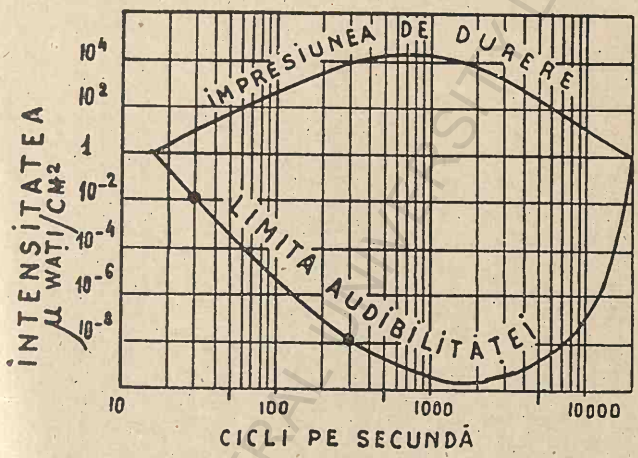


Fig. 64. — Limitele de audibilitate la diferite frecvențe

40 de foni. Gama de intensitate a reproducerilor radiofonice, poate fi extinsă prin artificii pe care le vom studia ulterior (vezi expansiunea dinamică).

Din punct de vedere practic se pune adeseori întrebarea ce putere trebue să aibă o instalație de amplificare radioelectrică pentru a fi bine auzită de un anumit auditoriu, spre a produce de exemplu o intensitate mijlocie de vreo 50 de foni.

Răspunsul depinde de mai mulți factori: rezonanța sălii, distribuția auditoriului, sgomotul de fond (de exemplu dacă se dansează sau nu) etc.

Există totuşi o formulă empirică simplă dată de firma Dr. Dietz & Ritter din Leipzig, care poate fi de mare folos cetitorilor:

$$N = 0{,}005\ n\ k$$

în care

N = puterea amplificatorului exprimată în waţi

n = numărul de persoane care *pot fi* cuprinse în spaţiul dat

k = factorul de ambianţă.

Iată câteva valori pentru k:

$k = 1—2$ pentru transmisia cuvântului într'un spaţiu închis

$k = 2—3$ pentru transmisia muzicii într'un spaţiu închis

$k = 3—5$ pentru transmisia muzicii într'un spaţiu închis cu sgomot (dans)

$k = 2—5$ audiţie în aer liber cu un fond sgomotos de circa 50 foni.

Valorile de mai sus corespund pentru săli cu acustică bună şi difuzoare moderne, cu randament acustic ridicat (aproximativ 1%).

Pentru audiţiile în aer liber se poate lua şi următorul criteriu mai simplu: 10—15 waţi acoperă o suprafaţă aproximativ circulară sau patrată cu latura de circa 60 metri, adică vreo 3.500 m², în cazul difuzoarelor cu radiaţie uniformă în toate direcţiile.

CAPITOLUL VIII

OSCILAŢII ŞI UNDE

Oscilaţii

Prin «oscilaţii» înţelegem deplasarea periodică a unui sistem mecanic sau electric în jurul unei poziţii de echilibru. Avem de exemplu: oscilaţiile unui pendul, unui arc, unui diapazon, unei coarde, unui circuit electric

oscilant (bineînțeles că aci este vorba de oscilația unui curent), etc.

Am studiat oscilația electrică în capitolul IV și am văzut că este caracterizată prin *frecvență* și *amplitudine*. Am mai văzut că variația amplitudinii în raport cu timpul este sinusoidală. Aceasta este forma normală a oscilațiilor simple.

Oscilațiile sunt sau întreținute — cu amplitudine constantă — sau amortizate (fig. 65) adică formate dintr'o serie

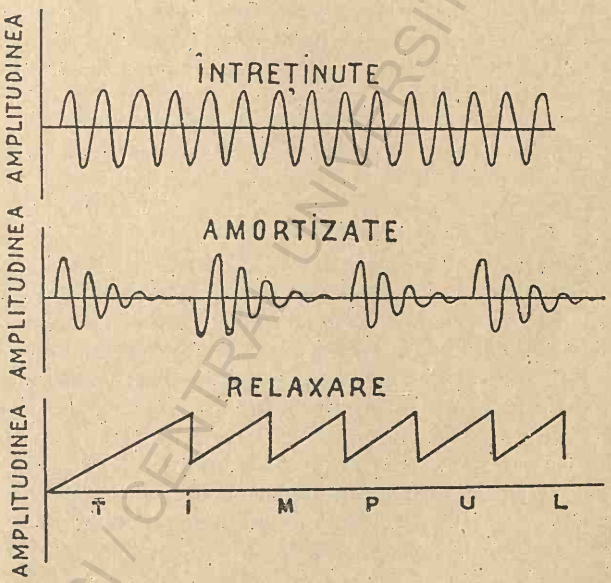


Fig. 65. — Oscilații întreținute, amortizate și de relaxare

succesivă de oscilații a căror amplitudine descrește și se stinge. Aceste oscilații se produc printr'o serie de șocuri succesive, ca de exemplu la vechile posturi cu scântei.

Există însă și o altă categorie de oscilații «oscilații de relaxare» a căror formă e dată tot în fig. 65. Cum

acestea nu găsesc deocamdată întrebuinţări în radio (decât în anumite montaje de superreacţie) nu ne vom opri asupra lor [1]).

Undele

Oscilaţiile produc în jurul lor perturbaţii care se numesc «unde», şi se propagă cu o viteză care depinde de natura mediului.

Astfel un diapazon izbeşte aerul şi-l comprimă, pe urmă se retrage şi astfel aerul se destinde. Aceste comprimări şi destinderi ale aerului se transmit la straturile învecinate şi astfel se propagă mai departe.

Este de notat că moleculele de aer joacă pe loc, se strâng şi se depărtează unele de altele fără ca să se formeze un curent de aer care pleacă dela diapazon.

Viteza de propagare a sunetului este de 340 metri pe secundă. Dacă diapazonul vibrează de 340 ori pe secundă trebue să producă tot atâtea straturi de aer comprimat, care fiind desfăşurate pe o distanţă de 340 metri, trebue să se afle la un metru unul de altul. In acest caz lungimea de undă produsă este de un metru. Dacă în acelaşi interval de timp diapazonul a vibrat de 680 ori a produs tot atâtea straturi de aer comprimat, care sunt desfăşurate pe intervalul de 340 metri (viteza de propagare) şi ca atare straturile de aer comprimat sunt acum de două ori mai apropiate şi undele sunt de două ori mai scurte. Avem următoarea relaţie fundamentală:

Viteza de propagare = lungimea de undă × frecvenţa

$$V = \lambda \times f$$

sau

$$\lambda = \frac{V}{f}.$$

---

[1]) Cititorul care se interesează de «oscilaţiile de relaxare» le poate găsi în cartea mea «Televiziune», pag. 44.

In radio avem aceeași relație, dar viteza undelor hertziene este de 300.000 kilometri pe secundă. Ca atare o antenă care e sediul unei frecvențe de 1000 de Kc produce o undă de

$$\lambda = \frac{300.000}{1.000.000} = 0{,}3 \text{ km} = 300 \text{ m}.$$

Prin urmare relația între frecvență și lungime de undă este

$$f = \frac{300.000}{\lambda}$$

sau

$$kc = \frac{3 \times 10^2}{\lambda}$$

λ fiind exprimat în kilometri și
kc fiind 1000 de cicli.

Viteza undelor hertziene este deci de aproape un milion de ori mai mare decât viteza sunetului, așa dar în timp ce sunetul parcurge un metru, undele hertziene parcurg aproximativ 100 kilometri. Prin urmare un concert radiodifuzat se aude la o distanță de 1000 km înainte de a fi auzit în sală — presupunând bineînțeles că cel care ascultă la radio stă lângă difuzor.

Tabloul ce urmează servește la transformarea kilociclilor în metri și vice-versa.

Undele mecanice și Undele electromagnetice

Se cunosc numai două feluri de unde:
1. mecanice, sau elastice și
2. electromagnetice.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TRANSFORMAREA KILOCICLILOR IN METRI

Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri	Kc sau metri
100.000	3,00	4.800	62,5	1.480	202,2	880	341
90.000	3,33	4.600	65,2	1.460	205,5	860	349
80.000	3,75	4.400	68,2	1.440	201,3	840	357
70.000	4,29	4.200	71,5	1.420	211,3	820	366
60.000	5,00	4.000	75,0	1.400	214,3	800	375
50.000	6,00	3.800	79,0	1.380	217,4	780	385
45.000	6,67	3.600	83,4	1.360	220,6	760	395
40.000	7,50	3.400	88,3	1.340	223,9	740	405
35.000	8,57	3.200	93,8	1.320	227,3	720	417
30.000	10,00	3.000	100,0	1.300	230,8	700	429
27.500	10,91	2.900	103,4	1.280	234,4	680	441
25.000	12,00	2.800	107,1	1.260	238,1	660	455
22.500	13,33	2.700	111,1	1.240	241,9	640	469
20.000	14,29	2.600	115,4	1.220	245,9	620	484
18.000	16,67	2.500	120,0	1.200	250,0	600	500
16.000	18,75	2.400	125,0	1.180	254,2	580	517
15.000	20,00	2.300	130,4	1.160	258,6	560	536
13.500	22,22	2.200	136,4	1.140	263,2	540	556
12.000	25,00	2.100	142,9	1.120	267,9	520	577
11.000	27,27	2.000	150,0	1.100	272,0	500	600
10.000	30,0	1.950	153,8	1.080	277,8	480	625
9.000	33,3	1.900	157,9	1.060	283,0	460	652
8.000	37,3	1.850	162,2	1.040	288,5	440	682
7.500	40,0	1.800	166,7	1.020	294,2	420	715
7.000	42,9	1.750	171,4	1.000	300,0	400	750
6.500	46,2	1.700	176,4	980	306,1	380	790
6.000	50,0	1.650	181,8	960	312,5	360	834
5.600	53,6	1.600	187,5	940	319,1	340	883
5.300	56,6	1.550	193,5	920	326,1	320	938
5.000	60,0	1.500	200,0	900	333,3	300	1.000

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Undele mecanice

Prin unde mecanice sau elastice, înțelegem undele produse de o oscilație materială, acționând asupra unui mediu de asemenea material, gazos, lichid sau solid.

Vibrația unei membrane sau a unei coarde cari produc unde sonore, constitue exemplele cele mai obișnuite.

Sunetele. Urechea percepe toate frecvențele mecanice cuprinse între 16 și aproximativ 16.000, care formează gama undelor sonore. Urechea percepe așa dar vreo 10 octave [1]). Lungimea acestor unde sonore în aer e cuprinsă între vreo 20 metri și 2 cm (viteza de propagare a sunetului fiind precum se știe de 340 m.). Dar limitele de perceptibilitate date mai sus variază dela om la om. Limita superioară mai ales variază foarte mult și scade simțitor cu vârsta, coborând sub 10.000. Sunt însă persoane care pot percepe până și frecvențele de 24.000.

Sunetele muzicale cuprind numai o parte din gama sonoră și sunt cuprinse între 16 și aproximativ 5.000, precum se poate vedea în fig. 66. Dincolo de această frecvență avem armonicele sunetelor muzicale și diferite sgomote.

De notat că figura 66 se referă *numai la frecvențele fundamentale.* Timbrul sunetelor este dat precum se știe de armonici și redarea acestora este absolut necesară pentru o bună reproducere.

Dacă de exemplu s'ar reproduce numai frecvențele fundamentale ale vocei umane, până la 1152, cuvintele ar fi ininteligibile. Pentru ca o audiție să fie deabia inteligibilă trebue să cuprindă cel puțin frecvențele cuprinse între 1.000 și 2.000.

E de notat că frecvențele joase sunt necesare pentru a da vocei naturalețea iar frecvențele înalte sunt necesare

---

[1]) Prin octavă înțelegem intervalul de frecvență dela simplu la dublu, de exemplu 240—480, sau 512—1024, vezi fig. 66.

pentru inteligibilitate. Prin suprimarea frecvențelor de sub 1.000, vorba devine nenaturală și stranie.

Pentru o bună reproducere a vorbei e necesar ca spectrul de frecvențe să se întindă dela 300 la 3.000.

Perfecta reproducere a vocei umane, mai ales cântecul, ne duce la limita superioară de 8.000 pentru vocea bărbătească și 10.000 pentru vocea femeiască.

Armonicele instrumentelor muzicale depășesc de asemenea limitele indicate în fig. 66. Astfel limita superioară a pianului e de 6000, iar limita superioară a vioarei și a unor flaute e de 13.000.

Datele de mai sus sunt luate după publicațiile laboratoriilor Bell din America.

— Incă o observație relativ la fig. 66. Frecvențele notelor muzicale variază în oarecari limite dela o țară la alta și chiar în interiorul unei aceleiași țări după constructorii de aparate muzicale.

In ajunul războiului s'a hotărît normalizarea acestor frecvențe, stabilind frecvența de 440 pentru nota « *la* » din mijlocul pianului. Această valoare va fi adoptată pe viitor. Plecând dela frecvența notei « *la* » se pot calcula frecvențele tuturor notelor pe baza raporturilor de frecvențe care există între note. Acestea sunt date tot în fig. 66 jos, la stânga.

Infra sunetele. Oscilațiile cu frecvențe mai mici de 16, — infra sunetele — produc unde mecanice, care deși sunt de aceeași natură cu undele sonore nu pot fi auzite întrucât urechea noastră e construită numai pentru frecvențele mai ridicate. Undele produse de oscilații foarte încete se pot constata pe alte căi. Așa de exemplu vedem valurile artificiale produse într'un bazin de înot, prin deplasarea unui piston, — simțim cutremurul, etc.

Ultra sunetele. Nici limita superioară a frecvențelor acustice nu este o limită fizică, întrucât undele produse de frecvențele mai ridicate, — ultra sunetele — sunt de aceeași natură cu sunetele.

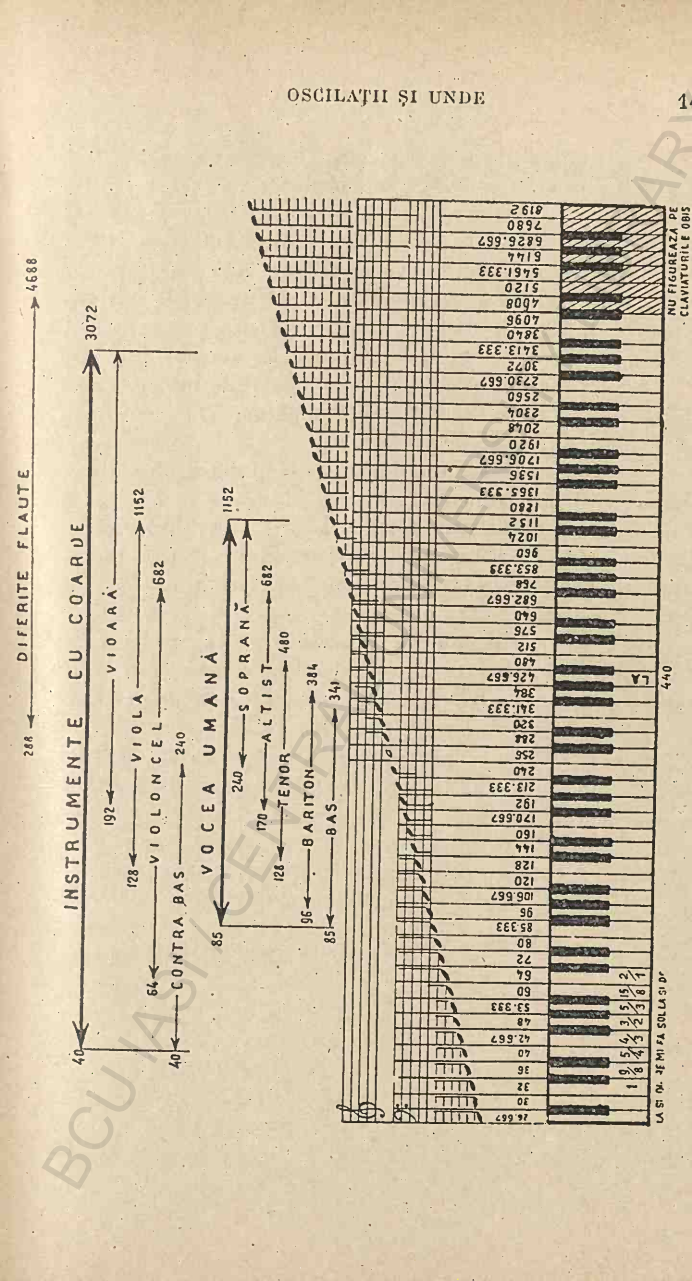


Fig. 66. — Spectrul undelor sonore, frecvențele *fundamentale*, fără armonici

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De altfel câinii, păsările şi alte animale percep foarte bine ultra sunetele. Această facultate explică anumite reacţiuni curioase ale câinilor precum şi numerile de dresaj în cari produc impresia că fac calcule matematice, când de fapt nu ascultă decât o comandă dată cu un fluer ultra sonor, care bineînţeles nu poate fi auzit de public.

Ultra sunetele se produc de obiceiu cu plăci de cvarţ şi lămpi de radio.

Pe măsură ce frecvenţa creşte, propagarea în aer scade, întrucât undele se transformă în căldură chiar lângă sursă şi astfel sunt absorbite.

In lichide însă, ultra sunetele se propagă mult mai bine ca în aer şi de aceea se întrebuinţează la telegrafia submarină şi la sondaje (determinarea adâncimii fundului prin măsurarea intervalului de timp după care se întoarce ultra sunetul reflectat de fund).

Ultra sunetele puternice omoară animalele aquatice mai mici, peşti, etc. Ele au de asemenea un efect sterilizator întrucât distrug bacteriile şi fermenţii prin fărâmiţare mecanică. Astfel găsesc aplicaţii la sterilizarea apei potabile, a laptelui, a sucului de fructe etc.

Ultra sunetele se mai întrebuinţează la aprinderea explozibilelor la distanţă, la prepararea coloizilor metalici şi şi însfârşit în medicină, pentru sterilizări locale.

In rezumat, oscilaţiile mecanice sau elastice produc unde infra sonore (sub 16 cicli pe secundă), unde sonore (cuprinse între 16 şi 16.000) şi unde ultra sonore (16—5.000.000).

Undele electromagnetice

Curentul alternativ de înaltă frecvenţă produce unde electromagnetice în eterul înconjurător.

Aşa dar aceste unde nu sunt produse de oscilaţia materiei şi nici nu se propagă în mediul material.

Undele electromagnetice întrebuinţate în radio sunt de aceeaşi natură cu undele luminoase, cu razele de căldură

şi cu razele X, de care diferă numai prin lungime şi prin mecanismul producerii lor.

Dacă am putea genera un curent electric cu frecvenţe oricât de ridicate, acest curent ar produce succesiv, pe măsura ridicării frecvenţei, raze infra roşii, pe urmă lumină rece [1]), roşie, portocalie, galbenă, verde, albastră, indigo şi violet, — raze ultra violete, raze X şi raze gama (fig. 67).

Dar oscilaţiile de frecvenţe foarte ridicate, nu se mai pot produce cu un curent electric, care are o inerţie prea mare, din cauza dimensiunilor pieselor prin care circulă. Frecvenţele ridicate se obţin prin vibraţii moleculare, atomice, sau pur electronice.

Lungimea undelor electromagnetice întrebuinţate în radio, variază dela vreo 30 cm la circa 30 km, cari corespund cu frecvenţele 1.000.000 Kc la 10 Kc.

Ele se împart în unde lungi (1.000 la 30.000 metri), medii (200 la 1.000 metri), scurte (10 la metri) şi ultra scurte (sub 10 metri).

Dar nu toată lumea este de acord asupra limitelor date mai sus. De aceea e mai bună denumirea propusă de Conferinţa Internaţională de Radio ţinută la Bucureşti în 1937, de a numi undele astfel: kilometrice (1—10 km), hectometrice (100—1.000 metri), decametrice (10—100 metri), metrice (1—10 metri) ş. a. m. d.

Undele mai lungi de 30 km, — adică frecvenţele mai joase de 10 Kc ne duc la frecvenţele industriale, a căror radiaţie (în formă de unde electromagnetice) scade foarte repede şi devine imperceptibilă.

Undele mai scurte de 30 cm., — frecvenţele mai mari de 1.000.000 Kc. pot fi produse în laborator.

Astfel cu ajutorul magnetronului, s'au produs unde întreţinute de aproximativ 1 cm. Reducând dimensiunile

[1]) Dacă s'ar putea produce lumina astfel, am avea un randament mult mai mare decât cu lămpile electrice actuale care parvin să producă lumină pe calea ocolită a încălzirii.

oscilatorului lui Hertz, s'au putut produce cu ajutorul scânteilor, unde amortizate mult mai scurte.

S'a mers însă mai departe şi s'au înlocuit oscilatorii lui Hertz cu un praf metalic fin, suspendat în uleiu. Producând scântei prin acest praf metalic, în continuă agitaţie, s'au obţinut unde de 0,1 mm.

Astfel s'a ajuns până în zona undelor de căldură, undele infra roşii.

Intr'adevăr, dela aproximativ 0,5 mm la 0,0008 mm avem undele infra roşii, undele produse de corpuri încălzite.

Dela 0,0008 mm. la 0,0004 mm., avem undele de lumină cuprinzând cele 7 culori ale spectrului, dela roşu la violet. Ochiul percepe aşa dar o singură octavă, faţă de cele 16 octave întrebuinţate în radio şi faţă de cele 10 octave de sunete percepute de ureche.

Dincolo de violet, sunt undele ultra violete (dela 4000 A° la 136 A°) produse de corpuri foarte calde. Ele se manifestă prin impresionarea plăcilor fotografice, producerea florescenţei, prin ionizarea gazelor şi prin efectul lor fotoelectric (eliberarea electronilor de pe suprafaţa metalelor). Dincolo de ultra violet sunt razele X care se întind dela 1019 A° la 0,06 A°. Razele X se produc prin bombardamentul electronic, şi au aceleaşi efecte ca şi razele ultra violete, arătate mai sus. Insă razele X diferă de razele ultra violete prin marea lor putere de pătrundere, bine cunoscută de toată lumea.

In sfârşit, dincolo de razele X, avem razele gama (1,4—0,02 A°) produse prin desintegrarea nucleelor atomice. Aceste raze diferă de razele X, printr'o şi mai mare putere de pătrundere.

Mai există şi alte raze gama mai scurte de aproximativ 0,00046 A (frecvenţa $6,27 \times 10^{20}$) care formează o parte, din misterioasa radiaţie cosmică.

Spectrele undelor mecanice şi electromagnetice, sunt precum am văzut mai sus, complet explorate. Este puţin probabil

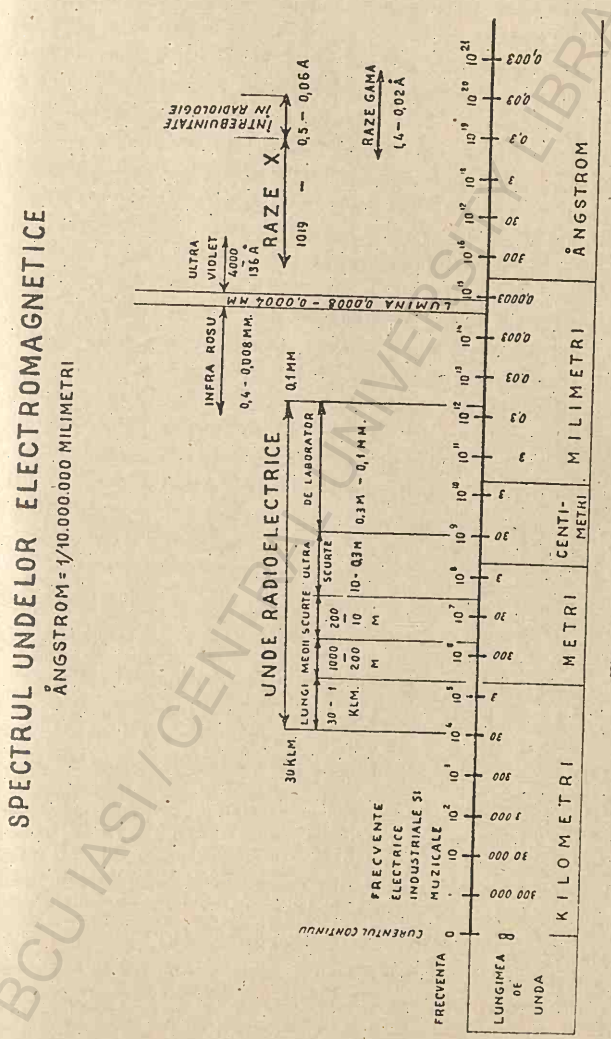


Fig. 67. — Undele electromagnetice

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ca aceste spectre să depășească în mod apreciabil limitele cunoscute astăzi.

Dar oare să existe numai două feluri de unde? Iată o întrebare care rămâne deschisă. Fapt e că telepatia, care e admisă astăzi de toată lumea, nu găsește nicio explicație.

Singurele unde cunoscute care se propagă la distanțe mai mari, — undele radioelectrice — n'au după câte s'a putut constata până în prezent, nicio influență asupra organismului. Și nici nu s'a putut dovedi în mod cert că organismul nostru poate emite astfel de unde, deși unii cercetători au făcut unele afirmații în acest sens. Marea sensibilitate a aparatelor moderne de radio ne-ar permite să constatăm cu ușurință cele mai slabe emisiuni radioelectrice care le-ar produce corpul omenesc.

Dar fenomenele vitale sunt atât de puțin cunoscute încât e posibil să existe o a treia categorie de unde, altele decât cele mecanice și electromagnetice, unde pe care le-am putea numi vitale — dacă nu există chiar un alt fenomen de propagare, diferit de mișcarea ondulatorie și de emisiunea materială [1]).

Rezonanța

Dacă dăm brânci unui leagăn de câte ori ajunge la sfârșitul cursei putem produce oscilații foarte mari cu impulsuri succesive slabe.

Prin faptul că impulsurile se produc la momentul potrivit efectele lor se însumează și dau naștere unor oscilații

---

[1]) După teoriile fizicei moderne, confirmate prin experiențe, orice corp în mișcare e însoțit de undă « undă asociată » a cărei lungime depinde de mărimea corpului și de viteza sa. Astfel, un electron accelerat cu o cădere de potențial de 100.000 V, are o undă asociată de 37×10^{-11} cm sau 0,037 A° adică de ordinul mărimii razelor gama. Aceste unde asociate sunt tot electromagnetice, au însă oarecare particularități asupra cărora nu ne putem opri aci.

Fapt este că nici undele asociate nu aduc o lumină nouă în fenomenele telepatice.

de mari amplitudini. Spunem că leagănul a intrat în rezonanță cu impulsurile ce i s'au aplicat.

Dacă impulsurile s'ar aplica cu altă frecvență ar isbi leagănul înainte de a ajunge la sfârșitul cursei, l-ar frâna și în cele din urmă l-ar opri. De fapt nici n'ar putea să producă deplasări apreciabile.

Tot astfel undele sonore produse de un diapazon fac să vibreze un alt diapazon, dacă acesta are aceiași frecvență.

Astfel impulsurile succesive produse de undele sonore apar întotdeauna în momentul potrivit și se însumează, ca și în cazul leagănului considerat mai sus.

Diapazonul intră în rezonanță.

Rezonanța stă la baza transmisiunilor radioelectrice. Toată lumea știe că aparatul de recepție trebue acordat cu emițătorul căci numai astfel intră în rezonanță și numai astfel percepe semnalul emis, — separându-l totodată de celelalte semnale.

Interferența

Dacă două unde se întâlnesc în spațiu, se produce o însumare în care trebue să se țină seamă de sensul lor relativ.

In fig. 68 avem două unde cu zonele pozitive suprapuse, și cu zonele negative suprapuse. Unda rezultantă se obține prin simplă adunare.

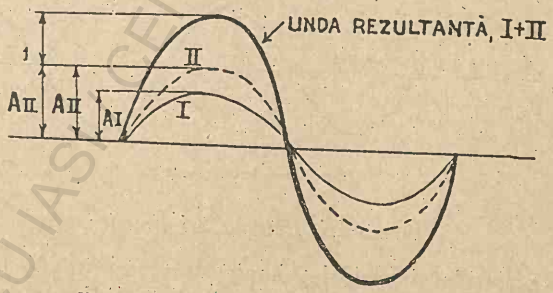


Fig. 68. — Insumarea a două unde în fază

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In fig. 69 una din unde este deplasată față de cealaltă, avem regiuni în care o sinusoidă este pozitivă și cealaltă negativă. In acest caz însumarea se face prin scădere. Unda rezultantă trece prin zero în punctul unde amplitudinea pozitivă a sinusoidei I este egală cu amplitudinea negativă a sinusoidei II.

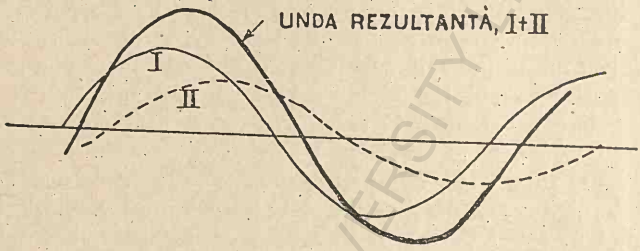


Fig. 69. — Insumarea a două unde defazate

Dacă avem acum două unde de aceiași frecvență, și de aceiași amplitudine, deplasate una față de alta cu o jumătate de undă, însumarea lor duce la o suprimare completă a mișcării ondulatorii, fig. 70. In acest caz un sunet suprapus pe alt sunet produce tăcere, lumină adăugată la lumină produce întuneric. Avem interferență.

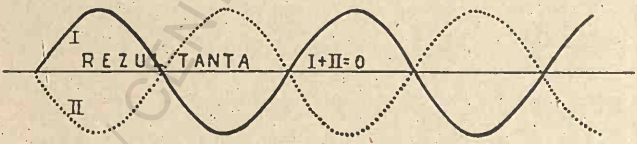


Fig. 70. — Interferența

Armonici, teorema lui Fourier

Oscilațiile sinusoidale simple sunt însoțite de obiceiu de alte sinusoide cu frecvențe de 2, 3, 4, 5, etc. ori mai

mari decât fundamentala. Acestea se numesc: armonica 2-a, 3-a, 4-a, 5-a, etc. Insumarea lor la fundamentală deformează sinusoida pură a acesteia, precum se poate vedea în fig. 71.

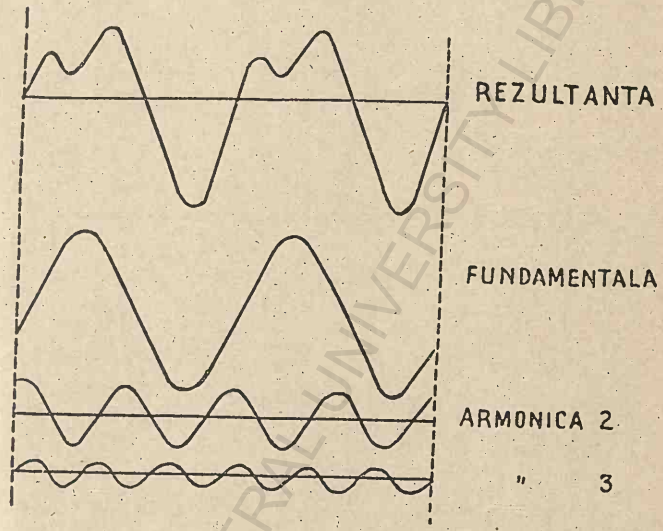


Fig. 71. — Deformarea semisoidei prin adăugarea armonicelor

Bineînțeles că forma completă rezultantă se poate descompune în elementele din care a fost compusă: fundamentala plus una sau mai multe armonici.

Fourier a arătat că o funcțiune periodică oarecare poate fi întotdeauna descompusă într'o serie a cărei termeni sunt funcțiuni sinusoidale pure. Cu alte cuvinte dacă înlocuim sinusoida dela care am pornit printr'o linie oricât de neregulată, fig. 72 putem ajunge întotdeauna la această linie prin însumarea mai multor sinusoide pure de diferite amplitudini și frecvențe.

Am pornit dela ideea unui ciclu complet (linia din fig. 72), care prin urmare trebue să se repete întocmai şi ca atare este evident că şi sinusoidele componente trebue să se repete întocmai şi în al doilea ciclu. Aşa dar

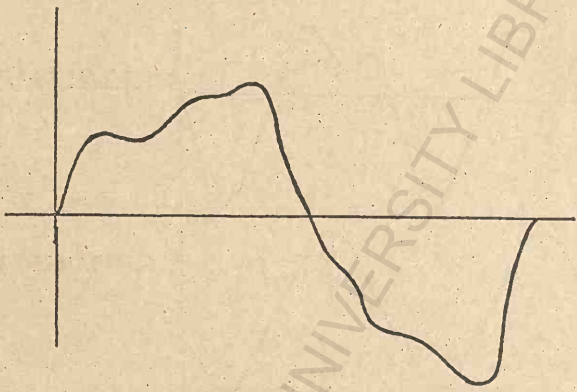


Fig. 72. — Orice variaţie periodică poate fi descompusă într'o serie de sinusoide componente

frecvenţele sinusoidelor trebue să fie un multiplu întreg al fundamentalei, cu alte cuvinte trebue să fie armonicile ei.

Teorema lui Fourier are numeroase şi importante aplicaţii în radio. Dacă de exemplu vrem să obţinem o frecvenţă de câteva ori mai ridicată decât frecvenţa oscilaţiei de care dispunem, deformăm sinusoida şi extragem frecvenţa căutată printr'un circuit acordat pe această frecvenţă ridicată.

Deformarea sinusoidei se face foarte uşor de exemplu teşind-o, prin schimbarea negativării de sită.

Astfel se poate dubla frecvenţa cristalelor de cvarţ cari nu pot fi tăiate în lame destul de subţiri pentru a produce frecvenţe foarte ridicate.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Heterodinarea

Suprapunerea a două oscilaţii

Insumarea undelor aşa cum a fost arătată în fig. 68 şi fig. 69, prezintă două cazuri speciale foarte importante în radio.

1. Suprapunerea a două oscilaţii, cari produc heterodinarea şi

2. Suprapunerea a trei oscilaţii, cari rezultă prin modulaţie.

Să considerăm primul caz (fig. 73).

Suprapunerea oscilaţiilor f_1 şi f_2 produce o nouă oscilaţie cu frecvenţa $\frac{f_1 + f_2}{2}$ a cărei amplitudine variază periodic cu frecvenţa $f_1 - f_2$.

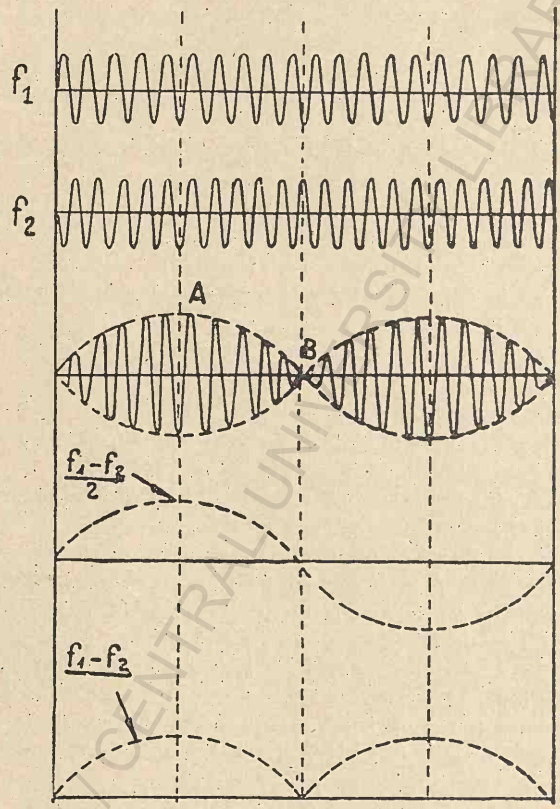
Aceasta se poate dovedi printr'o migăloasă însumare grafică a celor două oscilaţii.

Dar variaţia periodică a amplitudinii oscilaţiei rezultante, se mai poate deduce şi prin următorul raţionament foarte simplu: într'un anumit moment, maximele celor două oscilaţii f_1 şi f_2 coincid şi atunci oscilaţia rezultantă trece printr'un maxim (punctul A). Cum însă oscilaţia f_1 rămâne în urmă faţă de oscilaţia f_2 într'un moment dat cele două oscilaţii sunt în opoziţie de fază, interferează, suma lor e zero şi oscilaţia rezultantă trece printr'un minimum (punctul B). Vom avea atâtea maxime şi minime pe secundă, de câte ori rămâne în urmă o oscilaţie faţă de cealaltă, adică $f_1 - f_2$ maxime.

In sfârşit fenomenul poate fi demonstrat şi pe cale matematică:

Fie $$i_1 = I_0 \sin \omega_1 t \quad \text{şi}$$

$$i_2 = I_0 \sin \omega_2 t$$



OSCILAȚIA NE SINUSOIDALĂ CARE SE EXTRAGE DUPĂ DETECȚIE

Fig. 73. — Heterodinarea

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

intensitățile instantanee ale oscilațiilor de frecvențe f_1 și f_2 în care

$$\omega_1 = 2\,\pi\, f_1$$
$$\omega_2 = 2\,\pi\, f_2 \text{ și}$$
I_0 = amplitudinea (intensitatea maximă).

Adunând aceste expresii avem:

$$i = i_1 + i_2 = I_0\,(\sin\,\omega_1 t + \sin\,\omega_2\, t)$$

dar știm că

$$\sin x + \sin y = 2\,\sin\frac{x+y}{2}\cos\frac{x-y}{2}$$

de unde avem în cazul de față:

$$i_r = 2\,I_0 \sin\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\,t\,\cos\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\,t$$

expresia care confirmă ilustrațiile din fig. 73.

Am considerat amplitudinile oscilațiilor f_1 și f_2 egale. Astfel oscilația rezultantă a trecut prin maxime egale cu $I_0 + I_0$ adică $2 \times I_0$ și prin minime de amplitudine $I_0 - I_0$ adică zero.

Când amplitudinile oscilațiilor componente nu sunt egale, atunci oscilația rezultantă trece prin maxime egale tot cu suma amplitudinilor și minime egale cu diferența lor, care însă în acest caz sunt diferite de zero.

Important este faptul că și cu amplitudini diferite, frecvența rezultantă e tot $f_1 - f_2$ și că forma anvelopei este tot *ne*sinusoidală, deși se apropie mai mult de sinusoidă, decât în cazul precedent.

Așa dar prin suprapunerea a *două* oscilații sinusoidale, *nu* se poate obține o anvelopă sinusoidală.

Să rezumăm: prin heterodinare înțelegem, suprapunerea a două oscilații f_1 și f_2 cu frecvențe puțin diferite, cari produc (după detecție) o frecvență mai joasă egală cu $f_1 - f_2$.

Precum vom vedea mai departe, heterodinarea are două aplicații foarte importante în radio.

1. La recepționarea telegrafiei în unde întreținute nemodulate, heterodine.

2. La aparatele de recepție cunoscute sub denumirea de superheterodine.

MODULAȚIA

Suprapunerea a trei oscilații

După cum în telefonul cu fir, microfonul imprimă variații de intensitate curentului continuu produs de o pilă (fig. 74) tot astfel în radio, microfonul imprimă variații de intensitate undei purtătoare, adică oscilațiilor de înaltă frecvență produse de postul de emisiune.

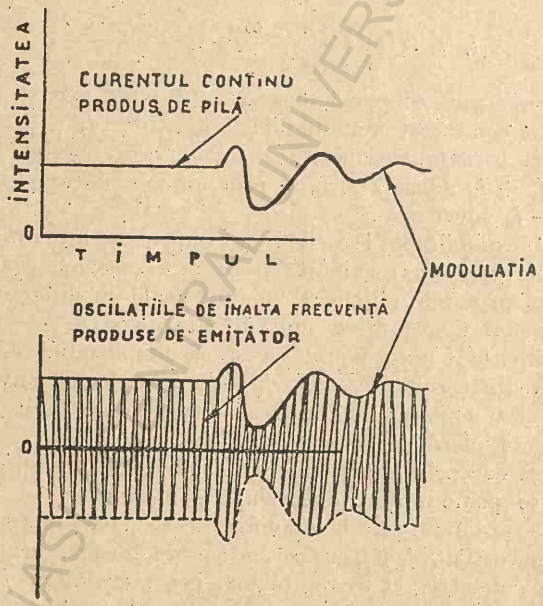


Fig. 74. — Modulația curentului continuu și modulația oscilațiilor de înaltă frecvență

Așa dar, antena emite oscilațiile de înaltă frecvență F, care sunt modulate de microfon.

S'ar putea crede că antena emite numai frecvența F, dar se poate dovedi atât prin însumare grafică cât și pe cale matematică și experimentală, că oscilația de înaltă frecvență F modulată la frecvența f este echivalentă cu trei frecvențe suprapuse.

$$F - f \quad F \quad \text{și} \quad F + f$$

că prin urmare antena emite aceste trei lungimi de undă și că receptorul primește trei lungimi de undă.

Numai prin descompunerea în trei frecvențe și suprapunerea a trei frecvențe, se poate ajunge la anvelopa sinusoidală pe care n'o putem obține cu două frecvențe, precum am văzut mai sus.

Rolul pe care-l îndeplinește a treia frecvență F (unda purtătoare) se poate urmări ușor din succesiunea figurilor 75, 76 și 77, în care F a fost introdus treptat cu amplitudini crescânde, începând dela zero (fig. 75). Precum se vede F, are doar rolul de a despărți sinusoida formată din puncte, de sinusoida formată din linii.

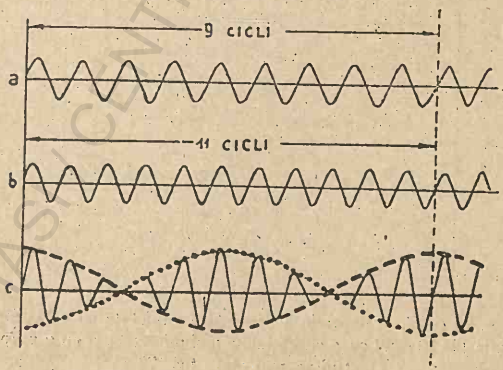
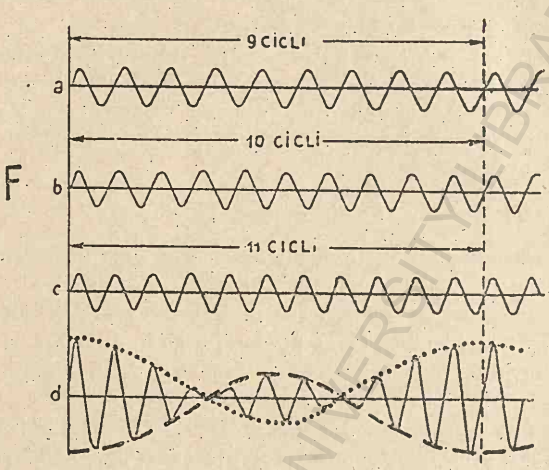


Fig. 75.— Suprapunerea a două oscilații



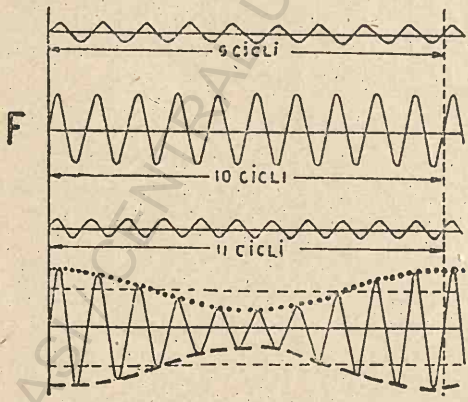


Fig. 76 și 77. — Reprezintă figura 75 completată cu a 3-a oscilație (de 10 cicli) cu o amplitudine mai mică (76) și cu o amplitudine mai mare fig. 77

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Demonstrația matematică e simplă.

Un curent sinusoidal pur are în ori ce moment valoarea

$$i = I \sin (\omega_F t + \theta)$$

în care:

I = amplitudinea (intensitatea maximă)

$\omega_F = 2 \pi F$

θ = deplasarea fazei

Dacă variem încet (în raport cu frecvența oscilației) una din aceste trei mărimi, modulăm curentul sinusoidal considerat mai sus. Acționând succesif asupra fiecăreia din mărimile de mai sus obținem respectiv modulația de amplitudine, de frecvență și de fază.

Dacă menținem pe ω și pe θ constant și variem în mod sinusoidal numai pe I, acesta va lua valoarea,

$$I = I_0 \ (1 + M \sin \omega_f t)$$

și înlocuind această valoare în ecuația (1) avem

$$i = I_0 \ (1 + M \sin \omega_f t) . \sin (\omega_F t + \theta)$$

în care

I_0 = Intensitatea maximă a curentului sinusoidal modulat

ω_f = pulsația de modulație la frecvența f

ω_F = pulsația la frecvența F

M = profunzimea modulației, care are valoare 1 pentru o modulație de 100%.

dar această expresie este precum se știe identică cu

$$i = I_0 \sin \omega_F t + \frac{I_0 M}{2} \sin (\omega_F - \omega_f) t + \frac{I_0 M}{2} \sin (\omega_F + \omega_f) t$$

de unde rezultă descompunerea în 3 oscilații a căror frecvențe sunt:

$$F \qquad F - f \qquad \text{și} \qquad F + f$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Faptul că o undă purtătoare *F* modulată cu frecvența *f* se descompune în cele trei unde de mai sus este de o importanță covârșitoare în radio. Aceasta determină între altele distribuția lungimilor de undă.

Bandele laterale

Să presupunem că avem o emisiune cu unda purtătoare de 300 metri (1000 Kc) modulată cu 1000 cicli (1 Kc). Antena va emite precum am văzut trei unde, de

(1000 — 1 Kc) 1000 Kc și (1000 + 1) Kc

adică 300,3 m 300 m 299,7 m

Aceste trei unde nu constitue decât un nou aspect al undei purtătoare modulată. Intr'adevăr, unda purtătoare, — repetăm — nu și-a schimbat lungimea, dar prin faptul că e modulată, devine echivalentă cu un complex de trei unde suprapuse.

Se spune că unda purtătoare e însoțită acum de două bande laterale (fig. 78).

Fig. 78. — Bandele laterale

Pentru a putea reda modulația, receptorul trebue să prindă pe lângă unda purtătoare și cele două bande laterale. Dacă receptorul este prea selectiv, nu prinde bandele laterale și nu mai poate reda modulația.

Să considerăm acum aceeaşi emisiune de 300 metri, modulată cu o frecvenţă de 2 Kc.

Se produc următoarele trei unde:

(1000 — 2) Kc 1000 Kc (1000 + 2) Kc

adică

300,6 m 300 m 299,4 m

Aşa dar bandele laterale, s'au distanţat dela 2 Kc în cazul precedent, la 4 Kc în cazul de faţă. Prin urmare pentru a primi o modulaţie de 2000 cicli receptorul va trebui să fie mai puţin selectiv ca în cazul precedent, şi cu cât modulaţia se face cu frecvenţe mai ridicate, selectivitatea trebue să scadă.

In timpul unei emisiuni muzicale se emit toate frecvenţele cuprinse între 20 şi 10.000 (ţinând seama şi de armonicile instrumentelor).

Apar prin urmare o întreagă serie de bande laterale, pentru care selectivitatea receptorului ar trebui să fie 20 Kc.

Aşa dar intervalul minim între două posturi de radiodifuziune ar trebui să fie de 20 Kc.

De fapt intervalul e mai mic, el a fost redus la 9 Kc, pentru a putea îngrămădi mai multe posturi în gama disponibilă.

Dar vom reveni asupra selectivităţii receptoarelor în capitolul XXI. Aci am vrut să arătăm numai că studiul însumărei oscilaţiilor, determină construcţia aparatelor de recepţie de emisie şi distribuţia lungimilor de undă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A II-a

LEGĂTURA RADIOELECTRICĂ

CAPITOLUL IX

ANTENE ŞI CADRE

Antena este organul de legătură între aparatul de emisie (sau de recepţie) — şi mediul înconjurător. Se mai poate spune că antena este organul de cuplaj cu mediul înconjurător, sau în sfârşit organul de radiaţie al emisiunii şi colectorul de energie al recepţiei.

Antena se poate asemui cu tabla de rezonanţă a unui instrument muzical, de exemplu cu fundul vioarei, care transmite vibraţiile coardelor în mediul înconjurător întărind sunetul prin marea suprafaţă de contact ce o are cu aerul.

Tot fundul vioarei (acţionând ca antenă de recepţie), poate produce vibraţia coardelor prin rezonanţă, sub influenţa sunetelor venite din afară.

Se cunosc diferite tipuri de antene, dar cea mai întrebuinţată este cea din fig. 79 cunoscută sub numele de «antena Marconi».

Antena Marconi

Antena constitue de fapt un circuit oscilant deschis, după cum se poate vedea în fig. 80 care arată trecerea dela circuitul oscilant închis la circuitul oscilant deschis.

BJAS CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Circuitul oscilant deschis se caracterizează prin desfăşurarea sau risipirea liniilor de forţă în spaţiul înconjurător, cu care formează astfel o mult mai bună legătură decât circuitul oscilant închis care are liniile de forţă strânse într'un mănunchiu.

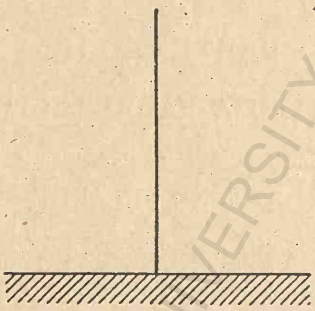


Fig. 79. — Antena Marconi

Circuitul oscilant deschis mai prezintă particularitatea de a avea capacitatea şi inductanţa distribuite pe toată lungimea, spre deosebire de circuitul oscilant închis care are atât inductanţa cât şi capacitatea concentrate respectiv într'o bobină şi un condensator.

Intr'adevăr, tot firul antenei poate fi considerat ca armătura unui condensator, armătura cealaltă fiind pământul, iar inductanţa este constituită din inductanţa firului întins şi ca atare şi ca este distribuită pe toată întinderea.

Din cauza capacităţii şi inductanţei distribuite, curentul are valori eficace diferite în diferitele puncte ale antenei. Fig. 81 reprezintă desprinderea liniilor de forţă electrice dintr'o antenă Marconi parcursă de un curent de înaltă frecvenţă.

Antena vibrează ca o coardă (fig. 82), cu alte cuvinte este sediul unor unde staţionare. Antena considerată aci,

antena Marconi, vibrează pe $^1/_4$ de lungime de undă (fig. 80), în deosebire de coarda din fig. 82, care vibrează pe jumătate de lungime de undă, întru cât pământul constitue o oglindă electrică, prin care se completează antena. Astfel o antenă înaltă de 91 m, vibrează pe 364 m, cazul antenei de emisiune a postului « Radio-Bucureşti » dela Băneasa [1]).

Din fig. 83 se vede că intensitatea maximă a curentului e la bază, iar la vârf inten-

[1]) Aceste date sunt aproximative, întru cât viteza de propagare a undelor în conductori este ceva mai mică decât viteza de propagare în spaţiu. Astfel o antenă de 100 m lungime nu vibrează pe o undă de 400 m ci pe 400 × 1,12 = 448 m, 1,12 fiind factorul de corecţie pentru diferenţa de viteză.

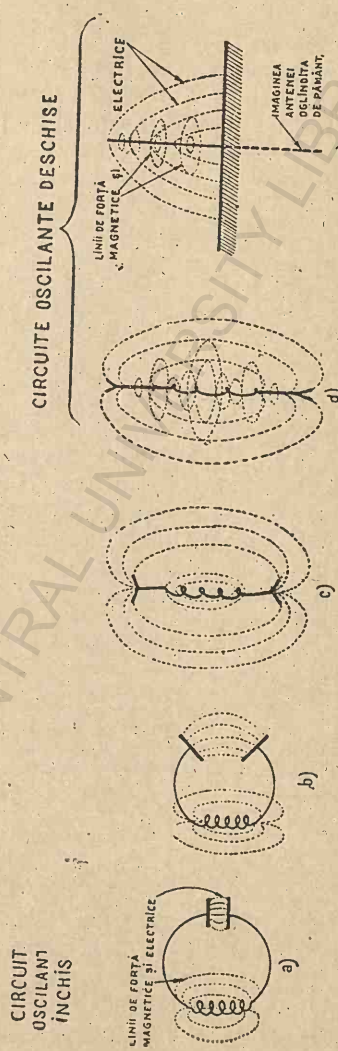


Fig. 80. — Trecerea dela circuitul oscilant închis la circuitul oscilant deschis

sitatea scade la zero. Lucrul acesta este firesc, căci în alternanța coborîtoare electronii n'au de unde veni și în alternanța ascendentă n'ar avea unde să se ducă. Ca atare în acest punct nu avem și nu putem avea curent.

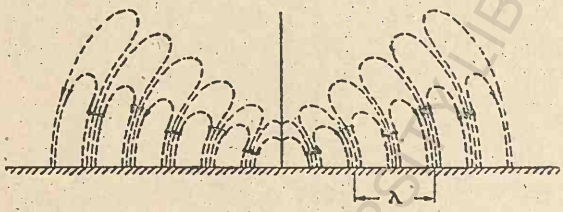


Fig. 81. — Radiația antenei Marconi

Distribuția potențialului e tocmai inversă (fig. 83). Adică la baza antenei *nu* avem fluctuații de tensiune ceea ce este de asemenea firesc, acest punct fiind scurt circuitat la pământ. In schimb vârful antenei este sediul fluctuațiilor maxime de tensiune.

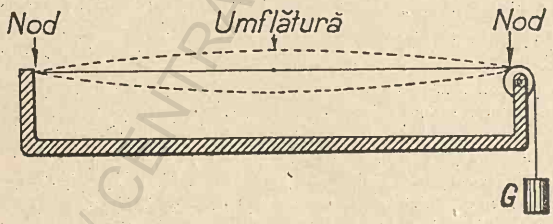


Fig. 82. — Vibrația unei coarde

Din cauza distribuției neuniforme de curent și de tensiune în timpul funcționării, capacitatea și inductanța antenei în acest caz diferă de capacitatea și inductanța statică. Cu alte cuvinte, dacă se desleagă de exemplu antena de pământ și i se măsoară capacitatea se va găsi

o altă valoare (valoare statică) decât în timpul funcționării (valoarea dinamică), pentru simplul motiv că în timpul funcționării nu avem toată antena la același potențial așa cum o avem când o deslegăm pentru a face

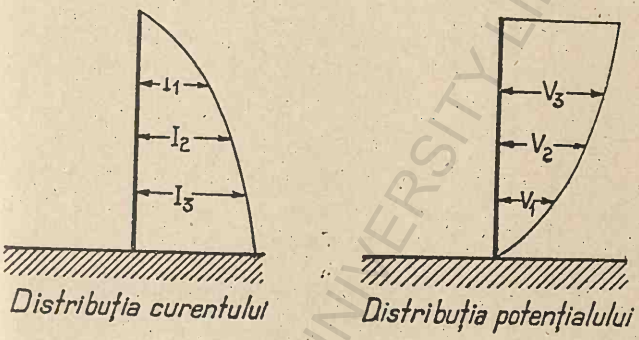


Fig. 83. — Distribuția curentului și a voltajului într'o antenă verticală

măsurătoarea. Astfel raportul între capacitatea statică și capacitatea dinamică a unei antene care vibrează pe fundamentală, e dată de relația

$$\frac{\text{capacitatea statică}}{\text{capacitatea dinamică}} = \frac{\pi}{2}$$

De asemenea raportul între inductanța statică și inductanța dinamică e dată tot prin relația

$$\frac{\text{inductanța statică}}{\text{inductanța dinamică}} = \frac{\pi}{2}$$

tot în cazul antenei care vibrează pe fundamentală.

Frecvența proprie a unei antene poate fi modificată prin simpla adăogare a unui condensator, sau a unei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

inductanţe, montate la baza ei (fig. 84). In primul caz având două capacităţi montate în serie, capacitatea antenei şi capacitatea adăugată, capacitatea rezultantă este fireşte mai mică decât capacitatea iniţială a antenei

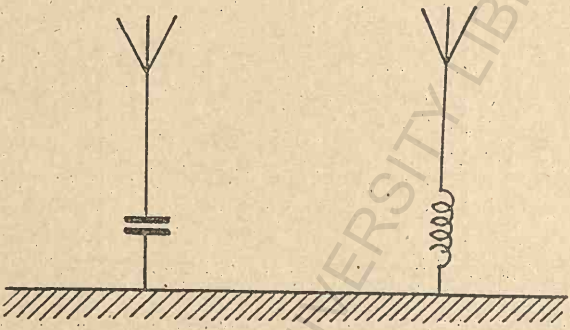


Fig. 84. — Scurtarea şi lungirea unei antene prin condensator sau a unei inductanţe

şi astfel antena se «scurtează» adică frecvenţa ei proprie se măreşte.

In al doilea caz când adăugăm o inductanţă în serie cu inductanţa antenei, este evident că inductanţa rezultată e mai mare aşa încât antena se «lungeşte» — frecvenţa scade. Astfel se face acordul antenei. Fig. 85 ilustrează distribuţia curentului şi a tensiunii.

Dar o antenă nu trebue să fie întotdeauna acordată. Această condiţie se cere de obiceiu la emisie, însă nu la recepţie. Recepţia se face aproape întotdeauna pe antene desacordate.

Inălţimea efectivă

Caracteristica de căpetenie a unei antene nu este frecvenţa ei proprie care poate fi uşor modificată precum am arătat, — şi nici nu interesează întotdeauna.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Caracteristica de căpetenie este *înălţimea efectivă a antenei.* Prin aceasta înţelegem înălţimea electrică a antenei (în deosebire de cea fizică), care ne dă o măsură a puterii ei de radiaţie.

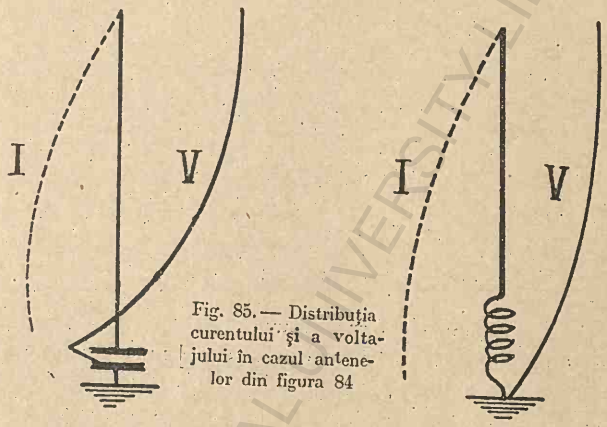


Fig. 85. — Distribuţia curentului şi a voltajului în cazul antenelor din figura 84

Iată şi definiţia exactă: Inălţimea efectivă a antenei este înălţimea unei antene verticale ideale care ar radia aceeaşi putere cu antena considerată, — pe aceeaşi lungime de undă, — parcursă fiind pe toată lungimea ei de un curent de intensitate constantă şi egală cu acela care parcurge umflătura antenei considerate.

Din fig. 86 se vede că înălţimea efectivă e dată de înălţimea dreptunghiului care are aceeaşi bază şi aceeaşi suprafaţă cu suprafaţa delimitată de sinusoidă.

Antenele obişnuite de radio nu se reduc la un fir vertical (fig. 79) ci se continuă de obiceiu cu o porţiune orizontală. Fig. 87 reprezintă antena în «*L*» răsturnat, în «*T*» şi antena cu o capacitate terminală. Distribuţia curentului e dată în fig. 88 din care reiese folosul porţiunii orizontale, care măreşte înălţimea efectivă a

antenei. Cu alte cuvinte, o antenă de aceeași înălțime geometrică își mărește înălțimea efectivă.

Pentru a preciza ideile asupra înălțimii efective iată acum și câteva cifre.

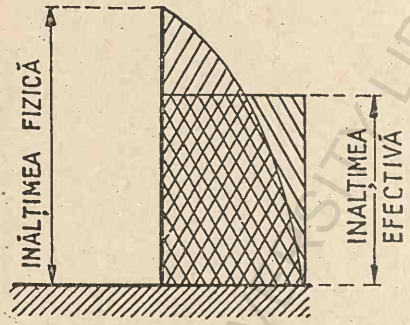


Fig. 86. — Inălțimea efectivă

O antenă verticală care vibrează pe sfert de lungime de undă are o înălțime efectivă de 0,7 din înălțimea ei

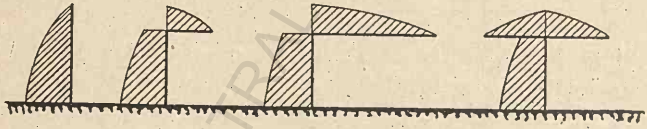


Fig. 87. — Completarea antenelor verticale

geometrică. Dacă antena este mult mai scurtă de $^1/_4$ λ (fiind completată jos printr'o inductanță mare, sau fiind

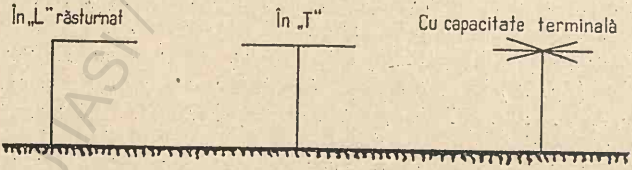


Fig. 88. — Distribuția curentului în cazul antenelor din figura 87

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

sediul unor oscilaţiuni forţate), atunci înălţimea efectivă ajunge la 0,5 din înălţimea geometrică, — întru cât o porţiune mică din sinusoidă poate fi considerată ca o dreaptă, aşa încât suprafaţa haşurată se reduce la un triunghiu, iar dreptunghiul cu aceeaşi bază şi aceeaşi suprafaţă are jumătate din înălţimea acestuia.

Antena în « L » răsturnat are o înălţime efectivă care variază între 0,5 şi 1, din înălţimea geometrică, această din urmă valoare fiind atinsă în mod practic atunci când porţiunea orizontală este de 10 ori mai mare decât porţiunea verticală.

Noţiunea de înălţime efectivă a antenei nu se întrebuinţează la undele scurte.

Puterea radiată de o antenă

Puterea radiată de o antenă depinde de 3 factori:

1. Curentul I (în amperi).
2. Frecvenţa f (în cicli pe secundă).
3. Inălţimea efectivă a antenei h (în metri).

Energia radiată e dată de formula:

$$1{,}76 \times 10^{-8}\, h^2 f^2 I^2 \text{ waţi.}$$

Această formulă este valabilă numai când antena e mică faţă de lungimea de undă.

Aşa dar puterea radiată în formă de unde electromagnetice este proporţională cu I^2 (vezi legea lui Joule, cap. II) şi cu $(h^2 f^2)$.

Acest din urmă termen se mai numeşte şi rezistenţa de radiaţie şi corespunde cu rezistenţa ohmică din legea lui Joule:

$$W = I^2 R \text{ ohmic}$$

în care

$$R \text{ ohmic} = \rho \frac{l}{s}$$

iar în cazul antenei avem

$$W = I^2 R \text{ radiație}$$

în care

$$R \text{ radiație} = h^2 f^2.$$

Din cele de mai sus se poate defini rezistența de radiație ca fiind raportul între puterea totală radiată și pătratul curentului.

Un post de emisiune este caracterizat prin puterea pe care o radiază în formă de unde electromagnetice, spunem că are atâția waţi sau atâția kilowaţi, — după cum un încălzitor electric este caracterizat prin puterea pe care o radiază în formă de căldură, să zicem de exemplu 500 waţi.

După cum căldura radiată de un conductor produce o anumită temperatură într'un anumit punct din mediul apropiat, temperatură ce depinde de distanță, de mediul înconjurător, etc. — tot astfel şi puterea radiată de o antenă în formă de unde electromagnetice produce într'un anumit punct un câmp electric a cărui intensitate depinde de distanță, de natura terenului, etc.

Câmpul electric se exprimă în volţi pe metru, ceea ce înseamnă că diferența de potențial pe care o determină acest câmp între două puncte aşezate unul deasupra celuilat la o înălțime de un metru este de atâția volţi.

Semnalul cules de o antenă receptoare depinde de acest câmp şi de înălțimea efectivă. Tensiunea obținută la baza antenei este dată de produsul:

Inălțimea efectivă × intensitatea câmpului.

Semnalul acesta exprimat în volţi se aplică la aparatul de recepție care îl amplifică pentru a alimenta casca sau difuzorul. Cu cât receptorul e mai sensibil cu atât semnalul poate fi mai slab şi cu atât se pot prinde posturi mai îndepărtate. Cele mai sensibile receptoare pot alimenta casca în mod normal (cu un debit de un miliwatt),

sau difuzorul (50 miliwaţi), sub influenţa unui semnal de aproximativ un microvolt. S'ar putea construi aparate mai sensibile dar n'ar folosi fiindcă această valoare este nivelul fondului de paraziţi cari există aproape peste tot. Cu alte cuvinte, semnalele care produc mai puţin de un microvolt ar fi aproape întotdeauna acoperite de paraziţi.

Semnalul produs de Radio-Bucureşti de exemplu este de aproximativ 0,075 volţi pe metru în Bucureşti. Aşa dar o antenă cu o înălţime efectivă de 4 metri de exemplu, va da în acest caz un semnal de $0{,}075 \times 4 = 0{,}3$ volţi.

Se consideră că pentru o recepţie pe galenă este nevoie de cel puţin 5 milivolţi pe metru, iar zona de serviciu a unei staţiuni de radio-difuziune este socotită zona în care intensitatea câmpului este mai mare de 2,5 milivolţi pe metru.

Vom vedea mai departe că nivelul parazitilor este de obiceiu mai ridicat pe unde lungi decât pe unde scurte aşa încât posturile pe unde lungi trebue să fie mai puternice decât cele care emit pe unde scurte.

Din expunerea de mai sus reiese că înălţimea efectivă a unei antene este o caracteristică importantă nu numai pentru emisiune dar şi pentru recepţie.

La recepţie se poate compensa însă uşor lipsa înălţimei efective prin mărirea amplificării care nu cere o cheltuială prea mare.

Determinarea rezistenţei de radiaţie

Inălţimea efectivă a unei antene nu se poate afla decât prin calcul, şi numai la antenele simple. Astfel există tabele care dau înălţimea efectivă a antenelor în «*L*» răsturnat şi în «*T*» răsturnat pentru diferite raporturi între înălţime şi lungime. Precum am văzut această înălţime efectivă variază între 0,5 şi 1 din înălţimea geometrică.

Rezistența de radiație poate fi calculată pentru cazuri simple prin formula dela pag. ..., redusă la o formă mai simplă:

$$R_{RAD} = 1579 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$$

în care

h = înălțimea efectivă a antenei în metri;
λ = lungimea de undă în metri.

Formula se aplică la antenele verticale (cu porțiunea orizontală neglijabilă) a căror înălțime este mai mică de $^1/_8\ \lambda$.

Pentru lungimi mai mari, până la $^1/_4\ \lambda$, valorile sunt numai aproximativ corecte. Rezistența exactă a unei antene verticale care vibrează pe sfert de lungime de undă, legată de un teren perfect conductor este de 36,57 ohmi. Rezistența de radiație nu poate depăși această valoare în cazul antenei considerate.

Pentru a găsi adevărata rezistență de radiație, ținând seamă de toți factorii cari intervin în practică (conductibilitatea imperfectă a terenului, etc.) se măsoară energia radiată de antenă și se deduce înălțimea efectivă.

Se poate proceda în două feluri:

1. Se măsoară intensitatea câmpului radiat de antenă la o distanță mică (1—5 km).

2. Se măsoară radiația chiar la antenă, de obiceiu prin metoda rezistenței adiționale.

In primul caz avem următoarea formulă:

$$h = \frac{\varepsilon d}{1{,}26\, FI}$$

în care

h = înălțimea efectivă în metri;
ε = câmpul în microvați pe metru;

d = distanța emisie-recepție în km;
f = frecvența în kilocicli;
I = curentul antenei în punctul de alimentare.

De notat că intensitatea câmpului, produs de antenă este proporțional cu I, adică cu $\sqrt{P}$, puterea « P » fiind egală cu $I^2 R$. Aceasta înseamnă că mărind de exemplu puterea unui post de emisiune dela 1 kilowatt la 4 kilowați, câmpul într'un anumit punct se va dubla numai, dar energia disponibilă la receptor va crește tot în raportul dela 1 la 4, căci dublând voltajul dublăm curentul și energia disponibilă este proporțională cu I^2.

Metoda rezistenței adiționale

Cu a doua metodă se măsoară curentul normal la baza antenei și după aceea se adăugă în circuitul antenei o rezistență de valoare cunoscută și se măsoară curentul din nou. Bineînțeles că se găsește un curent mai slab. Scăderea intensității ne dă o măsură a rezistenței necunoscute pe care am avut-o la început. Cu cât rezistența antenei a fost mai mare, cu atât rezistența adițională va influența curentul într'o mai mică măsură.

In cazul particular când rezistența adițională e egală cu rezistența antenei, este evident că intensitatea curentului va scădea la jumătate.

Pentru a stabili formula generală pornim dela faptul că forța electromotrice aplicată la baza antenei rămâne aceeași cu și fără rezistența adițională. Deci:

$$\left.\begin{array}{l} E = I\,R_{ANT} \text{ și} \\ E = i\,(R_{ANT} + r_{aditional}) \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{deci } I R_{ANT} = i\,(R_{ANT} + r_{ad}) \\ \text{sau} \quad R_{ANT} = \dfrac{i}{I - i}\, r_{ad} \end{array}$$

în care

E = forța electromice aplicată;
R_{ANT} = rezistența antenei;
r_{ad} = rezistența adițională;

I = curentul inițial din antenă;
i = curentul din antenă după adăogarea rezistenței adiționale.

Din valoarea aflată se va scădea firește rezistența ampermetrului termic care a servit la măsurători.

Astfel se află rezistența totală a antenei.

Rezistența totală = Radiație + Pierderi.

Pierderile constau din rezistența sârmei (se va ține seama de rezistența în înaltă frecvență, cap. III), pierderile în dielectric, rezistența prizei de pământ, plus scurgeri. Pierderile nu se pot evalua decât în mod aproximativ. Fig. 89 arată cum variază diferitele rezistențe cu

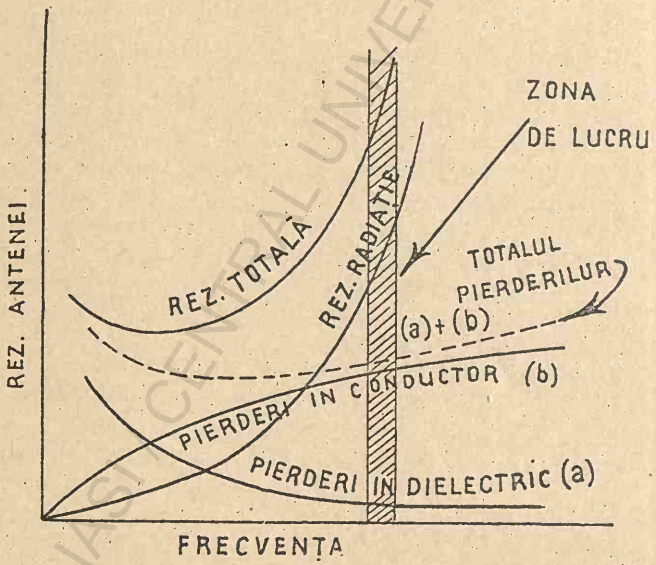


Fig. 89. — Variația rezistențelor unei antene, cu frecvență

frecvența. Când antena este perfect acordată rezistența de radiație atinge valoarea maximă. Trebue să se lucreze

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în regiunea indicată în fig. 89 unde rezistența de radiație este mare față de rezistențele celelalte.

Din calculul de mai sus putem afla prin scădere rezistența de radiație, iar energia radiată de antenă va fi dată atunci de formula obișnuită, RI^2:

$$R_{radiatie} \times I^2 \text{ wați}$$

Raportul între puterea radiată și puterea din antenă se numește randamentul antenei.

$$\text{Avem așa dar randamentul antenei} = \frac{\text{Puterea radiată}}{\text{Puterea din antenă}}$$

Antena postului național dela Bod-Brașov, are următoarele caracteristice:

Rezistența de radiație 13,5 ohmi (calculată prin metoda rezistenței adiționale);

Curentul la baza antenei 106 amperi;

Energia radiată $106^2 \times 13,5 = 151,6$ kw.

(Măsurători făcute în timpul probelor de recepționare a postului).

Antene mai mari de un sfert de lungime de undă

Antenele Marconi considerate până aci, vibrează pe cel mult un sfert de lungime de undă.

Această valoare poate fi depășită. Fig. 90 arată antene care vibrează pe

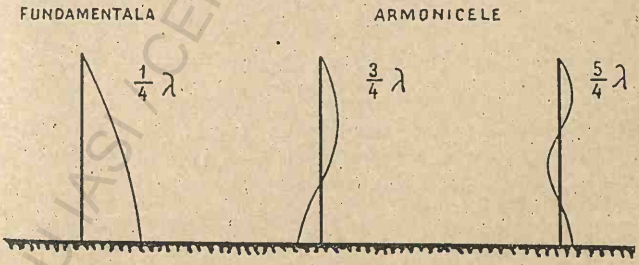


Fig. 90. — Antene de 1¹4 *b*, 3¹4 *b*, 5¹4 *b*

$$1 \times \frac{1}{4}\lambda\ ,\quad 3 \times \frac{1}{4}\lambda\ ,\quad 5 \times \frac{1}{4}\lambda\ ,\ \text{adică}$$

pe multiplii fără soț a sfertului de lungime de undă. Spunem că prima antenă vibrează pe fundamentală, iar celelalte pe armonica 3-a și a 5-a.

In felul acesta avem întotdeauna umflătura de curent la pământ, căci este evident că trebue să avem neapărat un nod de tensiune la pământ și un nod de curent la capătul liber.

Totuși se fac și antene care vibrează pe jumătate de lungime de undă, de exemplu antena postului de radiodifuziune care a fost construit la Chișinău și din nenorocire distrus.

In aceste cazuri antena este sau izolată la bază, și alimentată într'un mod special, — sau în a doua alternativă se completează sfertul de lungime de undă necesar (pentru a avea cuvenitul nod de tensiune la pământ), — printr'o inductanță montată la baza antenei. Astfel s'a procedat la Chișinău.

Antenele mai lungi de un sfert de lungime de undă, au proprietatea de a radia energia mai mult orizontal. Fig. 91 reprezintă radiația mai multor antene într'un plan vertical.

Radiația orizontală maximă se obține cu o antenă de aproximativ 195° [1]), cazul antenei dela Chișinău, care avea o lungime de 99 m. Așadar $\frac{99 \times 1{,}12 \times 360}{212} =$ 193°. (1,12 este coeficientul de corecție pentru viteza de propagare a curentului electric în conductor și 212 m este lungimea de undă).

---

[1]) Antena de un sfert de lungime de undă se mai numește și antenă de 90°, reprezentând un sfert de sinusoidă. Antena de jumătate lungime de undă este de 180° ș.a.m.d.

In felul acesta se măreşte intensitatea undei directe în raportul de 1 la 1,4 în detrimentul undei indirecte care nu interesează pentru deservirea regulată a unei zone de radiodifuziune.

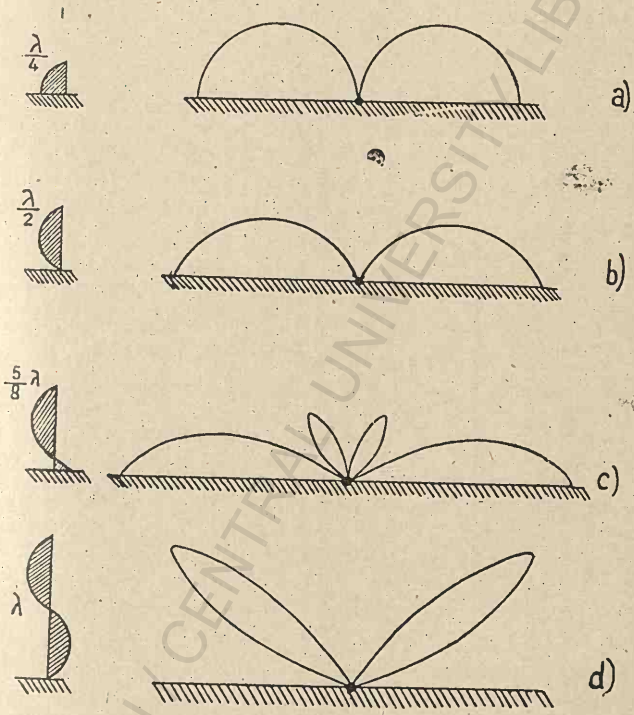


Fig. 91. — Radiaţia antenelor în planul vertical

Este de notat că rezistenţa de radiaţie a antenelor mai mari de un sfert de lungime de undă depăşeşte cu mult valoarea de 36,6 ohmi care a fost dată mai sus pentru aceste din urmă antene. Aşa de exemplu Radio-Chişinău avea rezistenţa antenei de 180 ohmi.

Măsurarea rezistenței antenelor mai mari de un sfert de lungime de undă prezintă carecare dificultăți.

Posturile de unde scurte care trebue să bată la distanțe mari în undă indirectă au alte antene, anume construite ca să radieze sub unghiul cel mai potrivit.

Antena Hertz

Antenele Marconi considerate până aci, erau toate legate de pământ care constitue completarea lor firească. Pământul îndeplinește funcțiunea de oglindă (fig. 92).

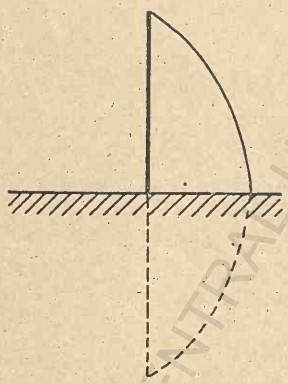


Fig. 92.— Pământul îndeplinește funcțiunea de oglindă

Când pământul nu este bun conducător de electricitate, antena se leagă de unul sau mai multe fire întinse deasupra pământului,—de preferință o plasă, — care constitue un pământ artificial, sau o contra greutate (fig 93).

Un aeroplan în sbor îndeplinește funcțiunea de contragreutate a antenei (fig. 94).

Sistemul antenă-contragreutate poate fi ridicat în sus și așezat în prelungire, chiar dacă lucrăm pe pământ. Avem în acest caz un dipol sau o antenă Hertz (fig. 95) care vibrează pe jumătate lungime de undă, în deosebire de antenele Marconi, care vibrează în mod normal pe sfert de lungime de undă.

In fig. 80 antena *d* este antena Hertz sau antena izolată, iar antena *e* este antena Marconi, care se leagă întotdeauna de pământ.

Antena Hertz are umflătura de curent la mijloc, două noduri la capete și nu are nevoie de priză de pământ.

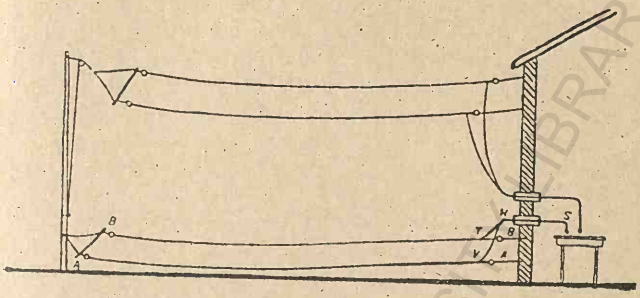


Fig. 93. — Contra-greutate

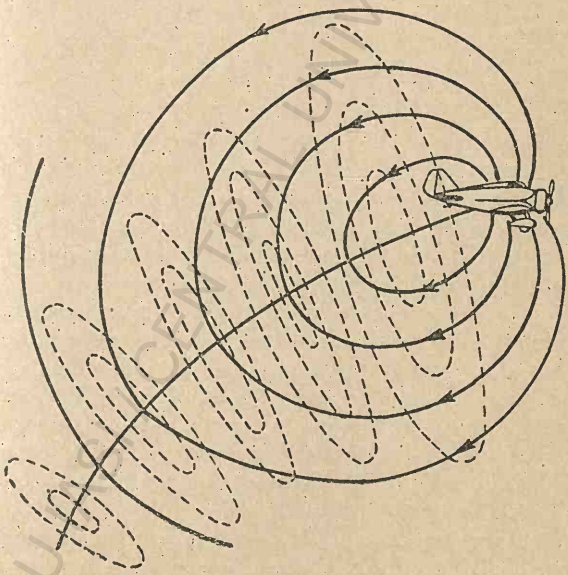


Fig. 94. — Antena unui avion. Avionul constituo contra-greutatea

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acest tip de antenă este indicat atunci când nu se poate face o priză de pământ destul de bună și mai ales când se lucrează pe unde scurte, întru cât pentru unde lungi dipolul ar deveni prea mare. Astfel pentru a radia o undă de 600 metri ar trebui un fir de 300 m lungime.

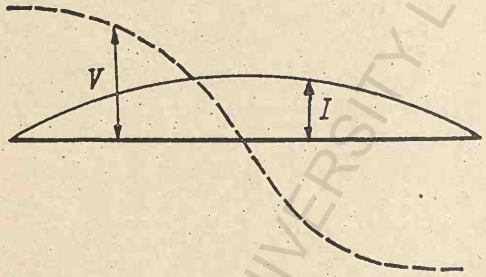


Fig. 95. — Antenă Hertz, dipol

Antena Hertz poate fi așezată orizontal sau vertical.

Antenele Hertz radiază în condițiuni mai bune când se ridică deasupra pământului. În acest caz ele trebuesc alimentate, și după sistemul de alimentare, se împart în două categorii: alimentare cu linii nerezonante (linii de transmisiuni propriu zise) și linii rezonante.

Avem în primul caz alimentarea cu fire nerezonante (fig. 96). Acestea constitue o linie de transmisie bifilară care are o impedanță caracteristică de 600 ohmi. Dar rezistența de radiație a antenei variază dela 73,2 ohmi la centru, până la 2400 ohmi la capete, așa încât linia de transmisie trebue legată undeva între centru și capete și anume în locul unde rezistența de radiație este de 600 ohmi. Poziția e dată în fig. 96 a.

Alimentarea nerezonantă se poate face și cu un singur fir (fig. 96 b) dar în acest caz e nevoie și de o priză de pământ.

In al doilea rând avem alimentarea prin linii rezonante care devin sediul unor unde staţionare ca şi antena. Această a doua categorie de antene se numesc «antene în zeppelin» sau «zepp».

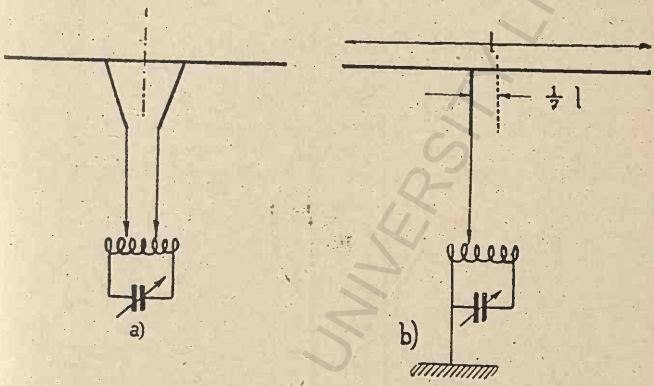


Fig. 97. — Alimentarea dipolului cu două fire şi cu un singur fir

Pe când în cazul liniilor nerezonante acestea pot avea orice lungime, în cazul liniilor acordate trebue să existe o relaţie precisă între lungimea firelor şi lungimea de undă, precum se poate vedea în (fig. 97).

Avem de fapt o antenă chitită. Intrucât aceste fire nu trebue să radieze ele sunt duse unul lângă altul şi deoarece produc câmpuri egale şi de sens contrariu, radiaţia este împiedecată. Alimentarea se poate face şi «în tensiune», adică dela capătul antenei (fig. 98).

E de notat că în cazul acesta al liniilor rezonante nu se mai cere potrivirea impedanţelor întrucât undele staţionare ce se produc dealungul liniilor se datoresc chiar nepotrivirei între impedanţa antenei şi caracteristica liniei.

In general liniile nerezonante au un randament mai bun şi ca atare se întrebuinţează la posturile mari de emisiune.

Insă liniile rezonante se reglează mai uşor şi ca atare se întrebuinţează de obiceiu la posturile mici.

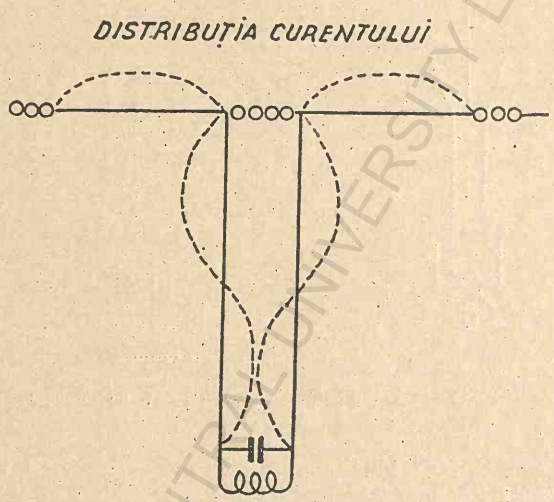


Fig. 97. — Alimentarea în curent prin feederi acordanţi, antenă Zeppelin

Liniile de alimentare se întrebuinţează şi la antenele Marconi puse la pământ, dar numai la posturile mai mari când din diferite motive se depărtează coborîrea de post. Aşa s'a procedat la posturile de radiodifuziune, de exemplu la Radio-Bucureşti şi la Radio-România.

Se mai întrebuinţează linii de alimentare la antenele de recepţie antiparazite precum vom vedea mai departe. Liniile de alimentare se mai numesc şi « feeder » termen englezesc.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Efectele directive ale antenelor

O antenă verticală Marconi radiază uniform într'un plan orizontal. Fig. 91 a, reprezintă radiaţia în planul vertical. Intensitatea semnalului scade la zero deasupra unei antene verticale. In practică tot se mai percepe un

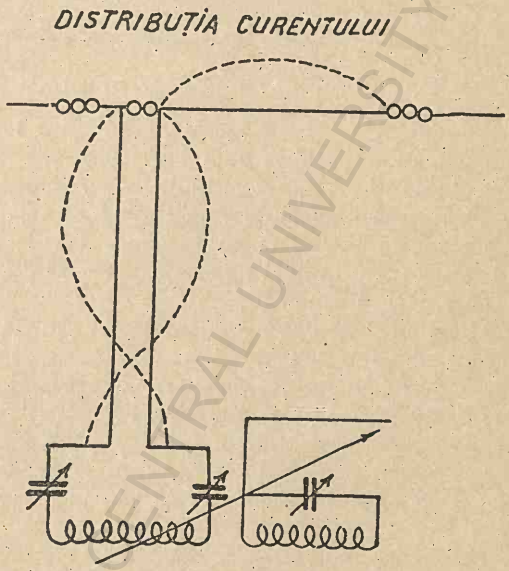


Fig. 98. — Alimentarea în tensiune prin feederi acordaţi, antenă Zeppelin

semnal, dar aviatorii ştiu că la trecerea peste un post de emisiune cu antena verticală se observă o pronunţată scădere a audiţiei.

Antenele Marconi cari vibrează pe armonici dau o altă distribuţie a energiei în planul vertical (fig. 91 b, c şi d).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

O antenă « L » răsturnat radiază şi recepţionează energie mai multă înspre şi dinspre cot. Fig. 99 reprezintă poziţiile cele mai bune pentru a face o legătură între două antene de acest fel.

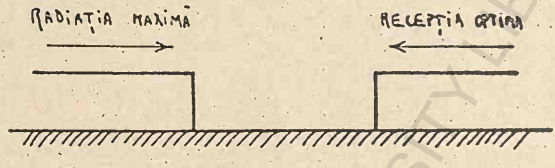


Fig. 99. — Efectul directiv al *antenelor* în « L » răsturnat

Radiaţia antenelor Hertz aşezate la diferite înălţimi deasupra pământului este în dată fig. 100.

Se pot obţine efecte directive mult mai pronunţate cu o reţea de antene alimentate într'o anumită relaţie de fază şi distanţate în raport cu lungimea lor de undă. Fig. 101 ilustrează principiul pe care se bazează diferitele sisteme de antene direcţionale.

Să considerăm două antene Marconi A şi B, distanţate la o jumătate lungime de undă, văzute de sus şi vibrând în fază. Aceste antene emit unde care interferează în direcţia $X X_1$ (unde nu produc niciun efect, niciun semnal) în schimb undele se adună în direcţia $Y Y_1$, unde produc un semnal puternic. Prin faptul că energia nu poate fi cheltuită în direcţia $X X_1$ se concentrează în direcţia $Y Y_1$.

Antenele dirijate au întotdeauna mai mult de două elemente pentru a obţine o concentrare mai bună. Se întrebuinţează perdele întregi de antene completate de obiceiu cu o perdea de antene reflectoare nealimentate, aşezate la sfert de lungime de undă, care constituie o oglindă. Astfel radiaţia nu mai este bi-direcţională ci devine unidirecţională.

Perdelele de antene dirijate nu se întrebuinţează numai la emisie, ci şi la recepţie, unde întăresc semnalul căutat

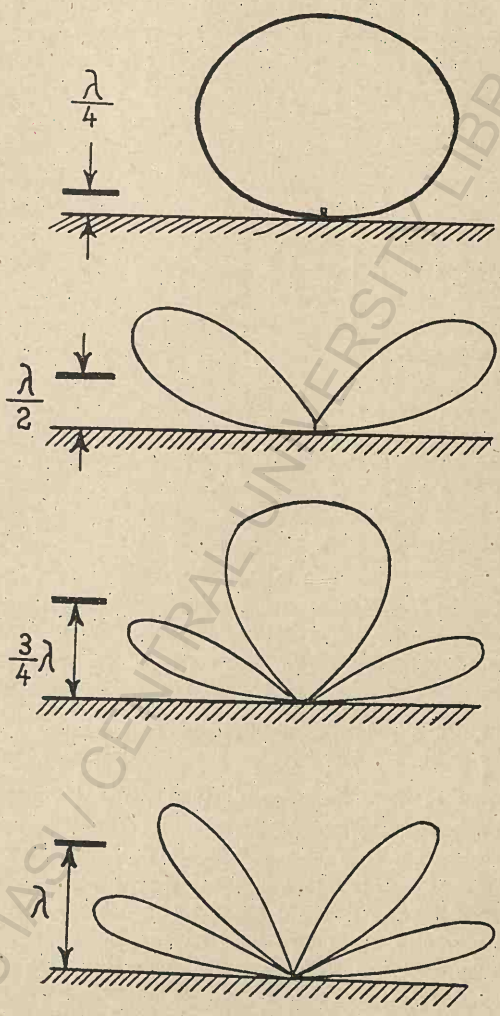


Fig. 100. — Radiaţia în plan vertical a antenelor Hertz, aşezate la diferite înălţimi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

şi reduc mult paraziţii prin suprimarea semnalelor necăutate care vin din direcţia ce nu interesează.

Antenele dirijate sunt costisitoare, ocupă terenuri întinse, şi cer un reglaj precis pe o direcţie fixă şi cu o lun-

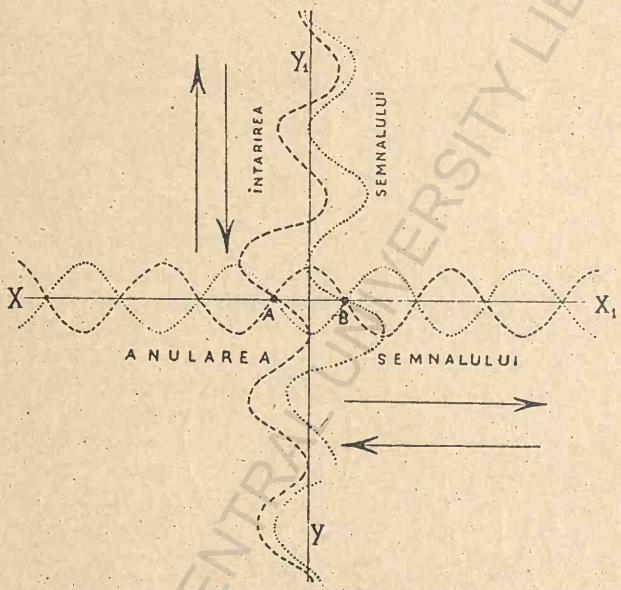


Fig. 101. — Principiul dirijării undelor ilustrat cu două antene, A şi B

gime de undă fixă. Se întrebuinţează numai pentru posturile mari comerciale.

Dau însă rezultate admirabile. Aşa de exemplu dacă antena de emisie măreşte câmpul la recepţie de 10 ori iar antena de recepţie dă o tensiune de 5 ori mai mare în direcţia emiţătorului, câştigul de câmp este de $10 \times 5 = 50$. Aceasta echivalează însă cu mărirea puterei postului de emisiune de $50^2 = 2.500$ de ori.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dirijarea precisă a undelor se face numai în comunicaţiile telegrafice şi telefonice la distanţe mari.

Dirijarea aproximativă a undelor se face în serviciile de radiodifuziune pe unde scurte, pentru ţări îndepărtate, când trebue să se acopere o întreagă regiune.

Intru cât dimensionarea şi distanţarea antenelor dirijate trebue să fie în raport cu lungimea de undă, amatorii nu au de obiceiu posibilitatea să facă instalaţiile necesare nici chiar pentru posturi care îi interesează în mod deosebit. Numai recepţiile de unde ultra-scurte şi în special recepţiile de televiziune se fac în mod curent cu o antenă reflectoare (fig. 102). Aceasta întăreşte semnalul şi suprimă o întreagă serie de paraziţi aşa cum am arătat mai sus.

CADRE

In deosebire de antene, care sunt influenţate de componenta electrică a undelor, constituind oarecum o capacitate larg deschisă, — cadrele sunt influenţate de componenta magnetică a undei, constituind mai întâi de toate o inductanţă (fig. 103).

Deoarece componenta electrică a undei este verticală [1]), antenele trebuesc să fie verticale, şi deoarece componenta magnetică a undelor este orizontală, cadrul trebue să aibă axul orizontal, ceea ce înseamnă că spirele trebue să se afle într'un plan vertical. Cadrul nu are nevoie de o legătură cu pământul [2]).

Energia radiată sau culeasă de cadru este proporţională cu suma suprafeţelor spirelor (suprafaţa primei spire, plus suprafaţa celei de a doua spire, etc.), pe care o vom însemna cu S şi invers proporţională cu lungimea de undă.

---

[1]) Din cauza conductibilităţii pământului.

[2]) In radiogoniometrie însă priza de pământ e necesară.

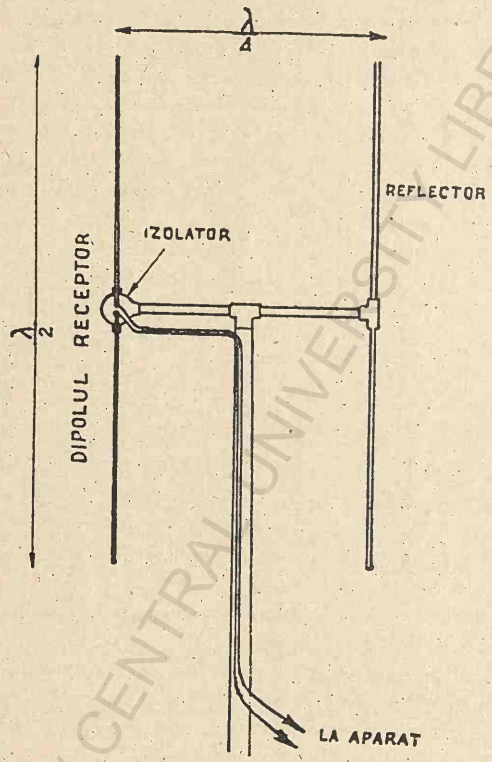


Fig. 102. — Antenă directivă de televiziune, dipol cu reflector

Avem:

$$\text{Înălțimea efectivă} = \frac{2\pi S}{\lambda}$$

în care

înălțimea efectivă e exprimată în metri

λ e exprimat în metri

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din această formulă reese că, de exemplu, un cadru obişnuit de 1/4 m² cu 16 spire care recepţionează o undă de 300 metri are o înălţime efectivă de

$$\frac{2 \times 3{,}14 \times 4}{300} = 0{,}08 \text{ m.}$$

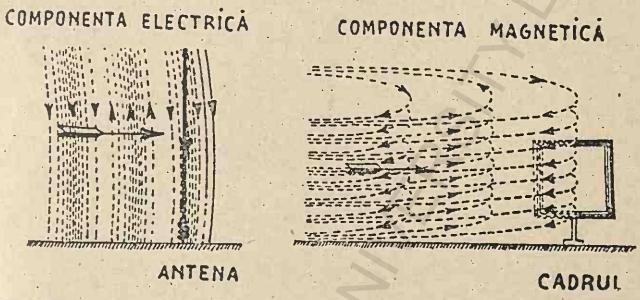


Fig. 103.—Acţiunea undelor electromagnetice asupra antenei şi asupra cadrului

Acest cadru este prin urmare echivalent cu o antenă a cărei înălţime efectivă e de 8 cm sau a cărei înălţime geometrică e de 16 cm.

Aşa dar cadrul e mult inferior antenei, prin faptul că legătura ce o face cu mediul înconjurător este mai slabă, cu alte cuvinte radiază mult mai puţină energie şi culege mult mai puţină energie decât o antenă.

Aceasta se explică prin faptul că într'un cadru avem două efecte care se anulează în parte. Curenţii produşi în cele două porţiuni verticale sunt de sens opus (în circuitul cadrului), şi curentul rezultant e doar diferenţa lor. Atât la emisiune cât şi la recepţie intervine această *diferenţă* (fig. 104).

Aşa dar semnalul cules de cadru va fi cu atât mai puternic cu cât distanţa între cele două porţiuni verticale ale cadrului se apropie mai mult de jumătate lungime de undă.

Semnalul slab cules de cadru la recepţie şi radiaţia redusă la emisie, e compensată prin efectul directiv al

cadrului care e mult mai pronunțat ca la antene, calitate foarte prețioasă pentru radio-goniometrie.

Din fig. 104 se vede că un cadru așezat perpendicular pe direcția de înaintare a undei (perpendicular pe pagină)

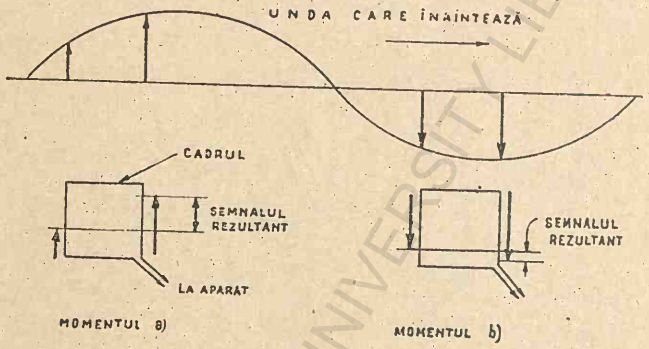


Fig. 104. — Curenții produși de o undă electromagnetică într'un cadru

are în orice moment ambele porțiuni verticale în aceeași parte a undei. Astfel forțele electromotrice induse vor fi întotdeauna egale și de sens contrar așa încât diferența lor va fi zero și semnalul va fi zero.

Iată prin urmare de ce un cadru așezat perpendicular pe direcția de înaintare a undelor nu recepționează. In schimb dacă așezăm cadrul în direcția undelor, adică îndreptat spre postul de emisiune avem recepția cea mai puternică.

Fig. 105 arată cum variază intensitatea recepției, cu deplasarea unghiulară a cadrului.

Se vede că poziția de audiție maximă dă intensitatea $A\,B$, că sub unghiul «1» intensitatea audiției scade la $A_1\,B_1$, sub unghiul «2» la $A_2\,B_2$ ș. a. m. d.

Din figură se vede că poziția de audiție maximă nu poate fi determinată cu prea multă preciziune, pe când extincțiunea este foarte bine definită. Ca atare determinarea

poziţiei unui post de emisiune se face întotdeauna prin stingerea semnalului şi nu pe poziţia de audiţie maximă. Preciziunea determinării atinge aproximativ 1°.

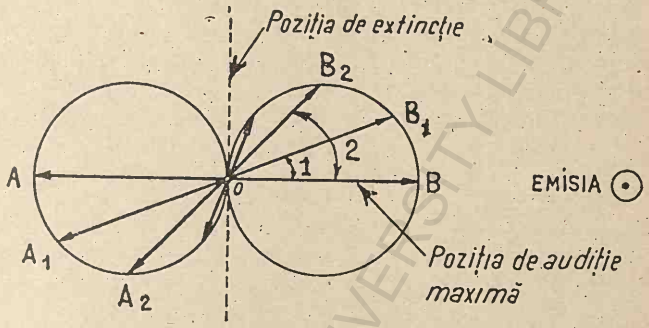


Fig. 105. — Efectul directiv al cadrului

Pentru a determina poziţia geografică a unei nave pierdută în ceaţă, sau a unui post necunoscut, este suficient de a determina direcţia undelor, cu ajutorul a două cadre radiogoniometrice, aşezate în localităţi diferite. Direcţiile astfel găsite, se trasează pe hartă şi întretăierea lor dă punctul căutat (fig. 106).

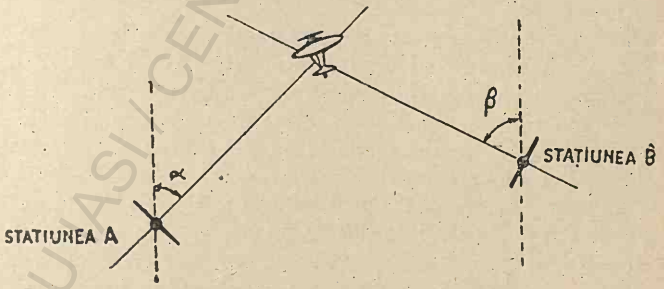


Fig. 106. — Determinarea poziţiei unui avion cu două radiogoniometre

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cadrul nu se întrebuinţează decât foarte rar la emisie dar se întrebuinţează destul de des la recepţie, atât în aparatele de goniometrie în care este indispensabil, cât şi în aparatele portative de «tip valiză».

Blindarea cadrelor. Un cadru îndeplineşte întrucâtva şi funcţiunea de antenă (fig. 107 a) şi de aceea nu p oduce extincţiunea completă a semnalelor când e perpendicular pe postul de emisiune.

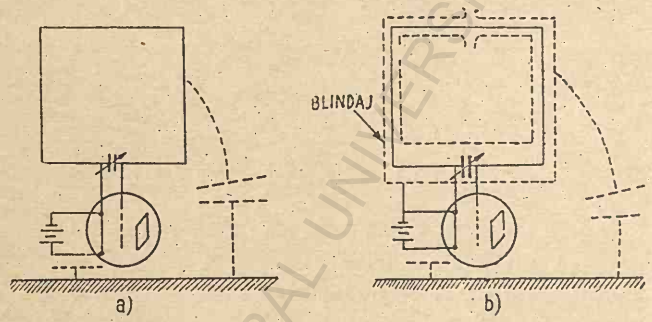


Fig. 107. — Efectul de antenă al cadrului şi suprimarea acestui efect cu ajutorul blindajului electrostatic

Acest neajuns se poate înlătura în două feluri:

1. Printr'un blindaj electrostatic (fig. 107 b şi 108 a). Bineînţeles că acest blindaj trebue întrerupt într'un loc ca să nu formeze un blindaj electromagnetic prin închiderea circuitului. In acest caz cadrul n'ar mai putea recepţiona niciun semnal.

2. Prin punerea ca drului la pământ. Dar trebue pus la pământ mijlocul electric al cadrului şi acesta nu corespunde cu mijlocul geometric din cauza asimetriei electrice care rezultă din legarea cadrului între catoda şi sita lămpii de intrare.

De obiceiu se pune la pământ un punct oarecare pe la mijlocul cadrului şi se echilibrează asimetria cu ajutorul unui condensator variabil (fig. 108 b), sau pe altă cale.

Numai prin eliminarea efectului de antenă se poate ajunge preciziunea de 1° arătată mai sus.

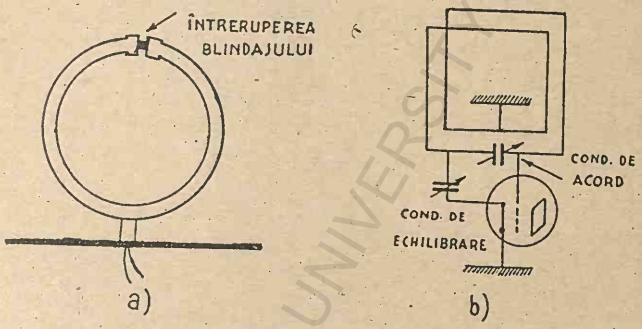


Fig. 108. — *a*) cadru blindat; *b*) cadru pus la pământ şi echilibrat

Recepţia simultană pe cadru şi pe antenă

In fig. 105 am văzut cum variază intensitatea semnalului cules de cadru în raport cu deplasarea sa unghiulară.

Trebue notat însă că prin rotirea cadrului se determină numai *direcţia* postului de emisiune, *nu şi sensul*. Cu alte cuvinte, nu putem şti dacă un post de emisiune se află de exemplu la răsărit sau la apus. In cazul figurii 105 nu putem şti dacă postul de emisiune se află la dreapta cadrului (cum e reprezentat), sau la stânga lui.

Precizarea sensului nu este întotdeauna necesară. De exemplu în cazul din fig. 106 ar fi inutil să cunoaştem sensul, întru cât reiese din întretăierea dreptelor.

Totuşi se poate simţi nevoia de a afla sensul.

Pentru determinarea sensului se recepţionează simultan pe cadru şi pe antenă, iar semnalele produse în aceşti doi colectori de undă se suprapun. Rezultă diagrama din fig. 109.

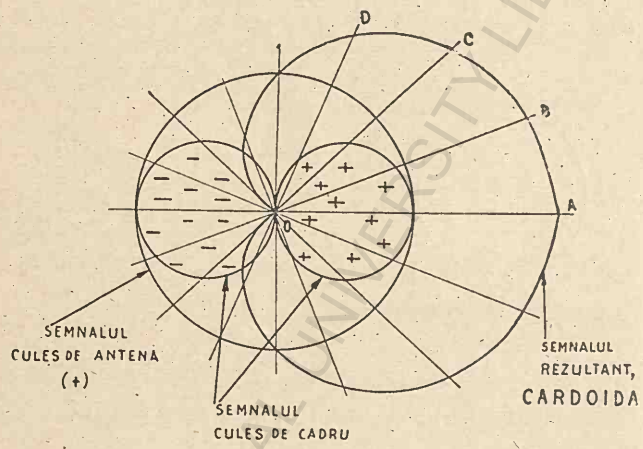


Fig. 109. — Recepţia simultană pe antenă şi pe cadru, construcţia cardoidei

Semnalul cules de cadru, e dat precum am văzut de diagrama polară a cadrului; iar semnalul cules de antenă are aceeaşi intensitate din orice direcţie ar veni şi ca atare diagrama polară a antenei se reprezintă printr'un cerc (am presupus o antenă verticală adică fără efect directiv).

Insumarea celor două semnale se face considerând un cerc al cadrului pozitiv şi celălalt negativ, iar cercul antenei pozitiv (sau negativ, după cum sunt făcute legăturile în aparat). Adunând acuma vectorii (şi ţinând seamă bineînţeles de semne) obţinem cardoida din fig. 109.

Aşa dar prin rotirea cadrului intensitatea semnalului trece succesiv prin valorile *OA*, *OB*, *OC*, etc., pentru a

ajunge la zero când cadrul s'a rotit cu 180° dela poziţia de audiţie maximă.

Montajul pentru realizarea cardoidei e dat în fig. 109 bis. De notat potenţiometrul montat între antenă şi sită

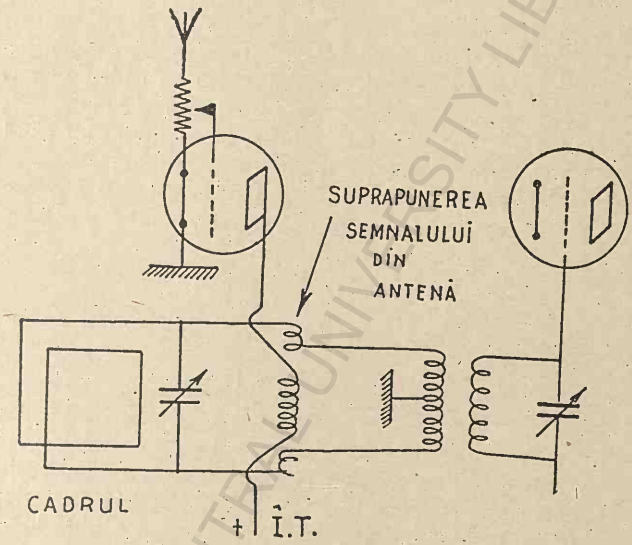


Fig. 109 bis. — Montajul pentru obţinerea cardoidei

prin care se reglează amplitudinea semnalului produs de antenă. Astfel se măreşte sau se micşorează cercul antenei din fig. 109 pâră ce ajunge tangent la cele două cercuri ale cadrului. Cu alte cuvinte se reglează intensitatea semnalului produs de antenă până egalează semnalul maxim cules de cadru. Dacă această condiţie nu e îndeplinită, este evident că nu putem ajunge la o extincţiune, ci doar la un minimum când semnalul produs de antenă e mai puternic, şi la două poziţii de extincţiune când

semnalul produs de antenă e mai slab decât semnalul produs de cadru.

Utilitatea practică a cardoidei nu constă atât în determinarea sensului cât mai ales în accentuarea efectului directiv al cadrului. Astfel cadrul elimină şi mai mult paraziţii şi separă cu şi mai mare înlesnire două posturi cu lungimi de undă foarte apropiate sau chiar identice (dacă direcţiile lor diferă). Aşa bunăoară cu cadru cu antenă poate separa două emisiuni pe aceeaşi lungime de undă care vin din direcţiuni opuse, lucru imposibil când recepţia se face numai pe cadru (fără antenă).

Cadrul completat cu antena constitue cel mai directiv colector de unde de dimensiuni reduse.

CONSTRUCŢIA ANTENELOR

Antene obişnuite

Antenele pot fi exterioare sau interioare.

Cele interioare dau rezultate mult mai slabe, mai ales în casele mari de beton armat. In acest caz semnalele sunt foarte atenuate de structura metalică a construcţiei şi de diferitele reţele metalice: apa, canalul, electrica, soneria, caloriferul, telefonul, care produc o puternică absorbţie. Pe de altă parte, aparatele electrice din imobil produc numeroşi paraziţi cari influenţează direct o antenă interioară.

In concluzie, antena trebue să fie neapărat exterioară şi în general cât mai ridicată.

Se va întinde între doi stâlpi de lemn fixaţi de coş sau de alte puncte ridicate şi cât mai libere de jur împrejur. Imediata apropiere a unei case sau a unui copac înalt slăbeşte audiţia.

Antena se face din liţă, de preferinţă mai groasă.

Capătul liber trebue bine izolat, prin două-trei ouă de antenă legate între ele cu sârmă sau de preferinţă sfoară

parafinată. Capătul celălalt se leagă de firul de coborîre care este tot de liţă dar îmbrăcat într'un strat gros de cauciuc. Firul acesta trebue îndepărtat de casă şi mai ales de straşină, şi de orice alte obiecte metalice, care ar da naştere la scurgeri capacitive.

Firul de coborîre trebue să pornească dela capătul cel mai de jos al antenei. Dacă locul nu permite aceasta, atunci firul de coborîre va porni dela mijlocul antenei.

Toate legăturile trebuesc *neapărat sudate*, căci ele se oxidează cu timpul.

Antena nu trebue să fie prea lungă, nu va trece de 15 metri, decât pentru aparatele cu galenă. Dacă nu se dispune de un loc suficient se vor întinde două fire paralele la cel puţin un metru unul de altul. Dar dublarea firului este un paliativ, întru cât nu compensează decât în parte reducerea lungimii.

Priza de pământ este aproape tot atât de importantă ca şi antena. La oraş se ia ca priză de pământ instalaţia de apă. La ţară se îngroapă o placă de aramă sudată de un fir care merge la aparat. Placa trebue îngropată într'un loc mai umed, de exemplu în dreptul burlanului.

Orientarea antenei nu are prea mare importanţă, dar în apropierea unei linii de tramwai se va aşeza perpendicular pe această linie iar coborîrea se va face la capătul mai depărtat de linia tramwaiului. Astfel se reduc paraziţii — dar numai într'o mică măsură.

In ultimul timp se întrebuinţează din ce în ce mai mult antenele verticale, acestea sunt în general mai ferite de paraziţi prin înălţimea lor care le depărtează de sursele de paraziţi, — cât şi prin faptul că sunt perpendiculare pe sârmele perturbatoare, linii de tramwai, telefon etc.

Construcţia lor este dată în fig. 110. Avem o prăjină de lemn cu două sârme verticale, sau o ţeavă de aramă ori de aluminiu. Bineînţeles că această ţeavă trebue izolată cu multă îngrijire de suportul ei.

Antene blindate

Antenele verticale se complectează adeseori prin coborîri blindate. Fig. 111 reprezintă una din soluțiile cele mai desăvârşite. Antena este legată de o priză de pământ iar blindajul coborîrii de altă priză de pământ. Acest

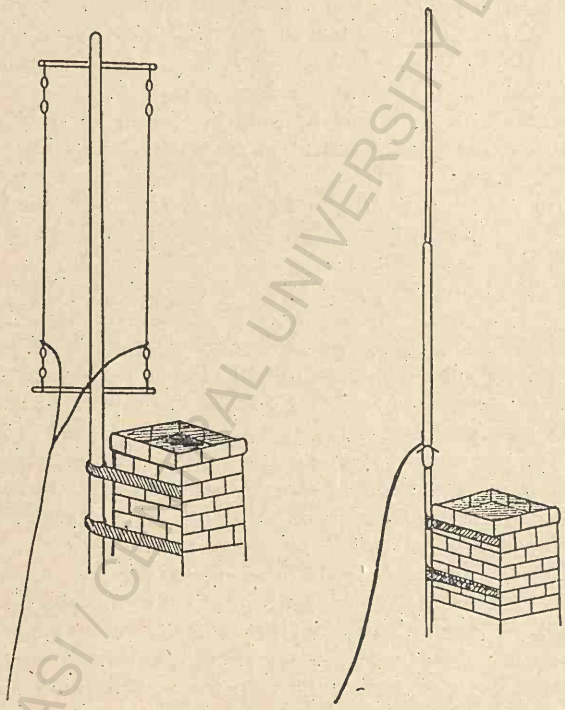


Fig. 110.— Construcția antenelor verticale

amănunt este foarte important. Sus pe casă se află transformatorul antenei care servește la coborîrea tensiunii

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

spre a reduce astfel pierderile capacitive între linia de transmisie şi blindajul înconjurător.

Receptorul este alimentat de un al doilea transformator de ridicare de tensiune. Blindajul coborîrii constitue un ecran electrostatic continuat şi în transformator.

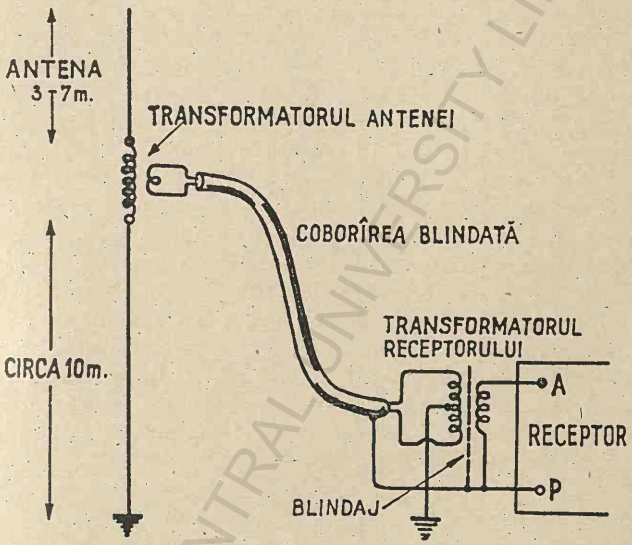


Fig. 111. — Antenă antiparazită

Componenta magnetică a paraziţilor este anulată nu atât prin blindaj cât prin cele două fire de transmisie asupra căroia produc efecte egale şi de sens contrar care se anulează.

Coborîrea blindată slăbeşte semnalele dar reduce într'o mult mai mare măsură paraziţii, aşa încât se obţine o audiţie mai bună.

Coborîrile blindate nu-şi găsesc locul decât în imobilele mari din oraş şi nicidecum în casele izolate unde nu există de obiceiu surse de paraziţi industriali.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Antene comune

In casele mari cu multe apartamente, problema antenei ia un aspect special.

Legarea fiecărui apartament de câte o antenă, — care trebue să fie neapărat aşezată sus pe casă, — e o soluţie greoaie, inestetică şi incorectă din punct de vedere radio-electric.

Fiindcă o antenă poate alimenta mai multe aparate de recepţie, se va prefera o singură antenă, înaltă, bine construită, neumbrită de alte antene din imediata apropiere şi cu coborîrea blindată. O astfel de antenă poate alimenta până la vreo 10 receptoare.

Pentru a alimenta un număr mai mare de receptoare este nevoie de un amplificator de antenă, care se instalează sus, la antenă. Acest aparat amplifică toate lungimile de undă de radiodifuziune, — după cum un amplificator de joasă frecvenţă de exemplu, amplifică toate frecvenţele joase. Evident că realizarea acestui amplificator de înaltă frecvenţă desacordat nu e o problemă prea uşoară. Se întrebuinţează de obiceiu mai mulţi amplificatori montaţi în paralel pentru diferitele game de frecvenţă.

Fig. 112 reprezintă schema unei astfel de instalaţii, realizată de casa Philips.

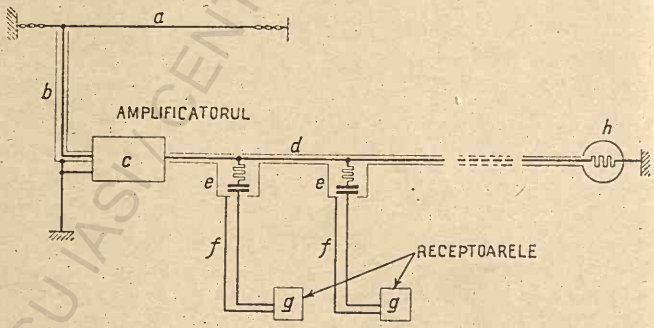


Fig. 112. — Antenă comună

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Construcția cadrelor

Ca și antenele interioare, cadrele interioare nu dau în general rezultate bune, mai ales în casele cu beton armat [1]) și ca atare au fost scoase din uzul curent.

Comparat cu o antenă *interioară* un cadru dă semnale mai slabe, în schimb recepția este mai curată. Intr'adevăr cadrul este întru câtva antiparazit mai ales prin efectul său directiv.

Cadrele nu se mai întrebuințează astăzi decât în posturi portative și în posturi radio-goniometrice. Ca atare nu vom insista asupra lor.

Mărimea cadrelor este de obiceiu limitată de locul disponibil și de considerente mecanice. Suportul trebue redus la minimum, iar sârmele trebuesc bine izolate și distanțate pentru a evita pierderi în înaltă frecvență.

CAPITOLUL X

PROPAGAREA UNDELOR

Legătura ce se face între o antenă de emisie și una de recepție depinde precum am văzut de caracteristicele acestor două antene (înălțimea efectivă și proprietățile directive), de puterea postului de emisiune și de sensibilitatea receptorului.

Dar legătura mai depinde și de distanța dintre posturi, de natura terenului, de anotimp, de ora din zi, de unda întrebuințată și de petele din soare.

De aceste influențe ne vom ocupa aci.

In imediata apropiere a unui post de emisiune, semnalul scade întâi foarte repede, cam cu pătratul distanței, și pe

---

[1]) Este interesant de notat că într'o casă de beton armat se observă zone de umbră foarte bine definite. Ajunge câteodată să deplasăm cadrul cu un metru sau chiar cu mai puțin pentru a trece dela o audiție excelentă, la o extincțiune completă sau viceversa

urmă intensitatea semnalului scade mai încet, aproximativ cu distanța, precum se poate vedea în fig. 113, 114 și 115.

Dar de îndată ce distanța se mărește, lucrurile se complică.

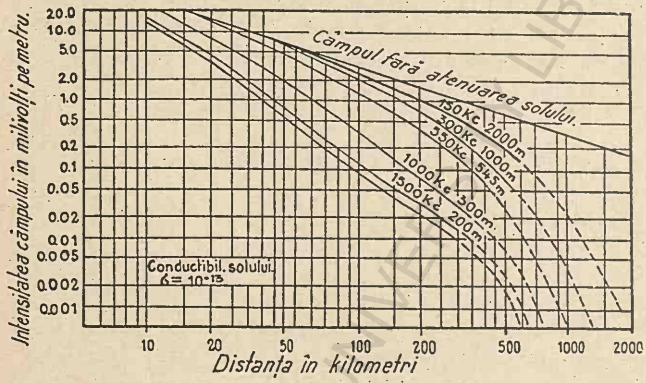


Fig. 113. — Câmpul produs de un post de 1 kilowat la diferite distanțe cu diferite lungimi de unde. Pentru a găsi câmpul produs de un post de x kilowați se înmulțește citirea din diagramă cu radical de x. Astfel un post de 16 kw. de exemplu dă semnale de patru ori mai intense decât indică diagrama

In primul rând se constată că undele se propagă în două feluri:

1. De-a-lungul pământului, *unda directă.*

2. Prin straturile superioare ale atmosferei, *unda indirectă.*

Dacă propagarea de-a-lungul pământului apare firească, propagarea prin straturile superioare ale atmosferei cere oarecare lămuriri.

Straturile ionizate

La suprafața pământului atmosfera este rea conducătoare de electricitate. Dar mult deasupra pământului există două straturi ionizate, unul la aproximativ 110

km și altul la vreo 300 km. Aceste două straturi sunt destul de bune conducătoare de electricitate pentru a influența mersul undelor.

Fig. 116 arată cele două straturi: stratul E produs de razele ultra-violete ale soarelui, descoperit de Kennelly

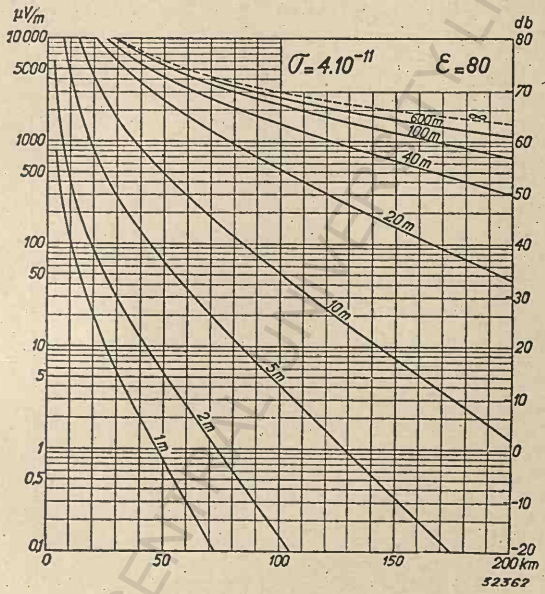


Fig. 114. — Câmpul produs de o stațiune de 1 kw. pe mare, după Van der Pol

și Heaviside prin 1901 pentru a explica prima legătură transatlantică realizată de Marconi, — și stratul F_2, descoperit mult mai târziu de Appleton, prin 1931, produs de bombardamentul solar format din electroni și particul α [1]).

[1]) Intru cât acest strat se menține și în timpul nopților polare, ionizarea lui se mai atribue și altor cauze încă necunoscute.

Este vorba de acelaşi bombardament electronic care produce şi aurorele polare.

Sub stratul F_2 se mai observă câteodată, — dar numai ziua — un alt strat ionizat, mai puţin important, mai puţin stabil denumit F_1, care se află la vreo 200 km deasupra pământului şi se atribue razelor ultra-violete.

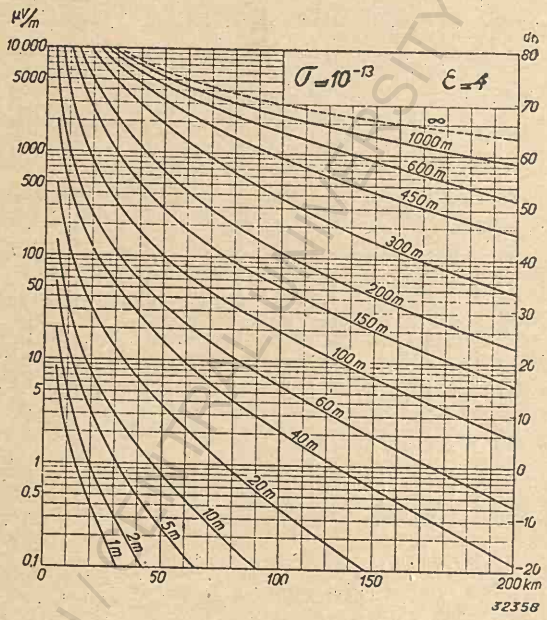


Fig. 115. — Câmpul produs de o staţiune de 1 kw. pe uscat, după Van der Pol

Aşa dar undele se propagă între două suprafeţe concentrice bune conducătoare de electricitate: pe de o parte pământul şi pe de altă parte unul din straturile ionizate. Astfel delimitate undele sunt canalizate în jurul

sferei pământeşti. Această canalizare se face prin reflexia undelor de către straturile ionizate (fig. 117). De fapt nu poate fi vorba de o reflexie propriu zisă, pentru simplul motiv că straturile ionizate nu sunt bine delimi-

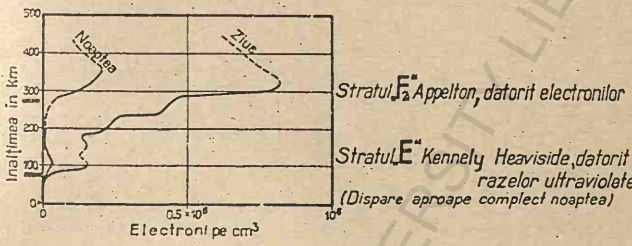


Fig. 116. — Straturile ionizate

tate ca de exemplu suprafaţa pământului. Intoarcerea undelor din straturile ionizate se explică printr'o serie

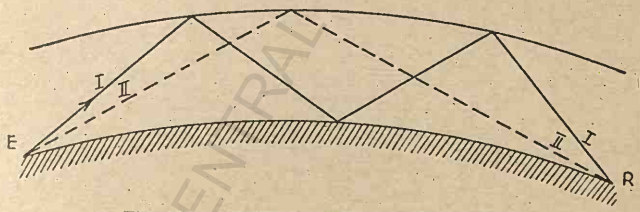


Fig. 117. — Reflexia undelor de stratul ionizat

de refracţii succesive (fig. 118) pentrucă densitatea ionizaţiei variază cu înălţimea. Fenomenul este asemănător cu mirajul, iluzia optică din desert, care dă impresia de apă. Mirajul se produce printr'o aparentă reflexie 1 cerului în nisip, care rezultă dintr'o serie de refracţii succesive, întrucât aerul e mai cald şi prin urmare mai puţin dens în imediata apropriere a nisipului încins (fig. 119).

In cazul acesta ca şi în cazul straturilor ionizate, undele se întorc parcă ar fi fost reflectate şi ca atare vom întrebuinţa întotdeauna acest din urmă termen.

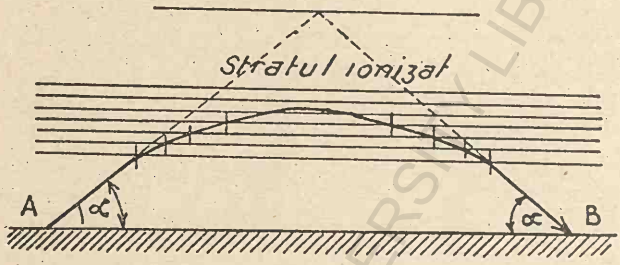


Fig. 118. — Efectul de reflexie obţinut prin mai multe refracţii succesive

Distanţa la care coboară unda reflectată depinde de mai mulţi factori: lungimea de undă, unghiul de incidenţă şi înălţimea stratului ionizat.

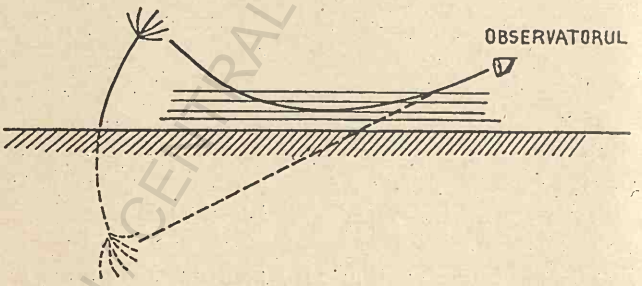


Fig. 119. — Mirajul în deşert

Undele foarte lungi, de peste 10.000 metri sunt perfect de bine reflectate de stratul *E* şi astfel se propagă la distanţe foarte mari, până la antipozi.

Pe măsură ce trecem la unde mai scurte până la cele de câteva sute de metri constatăm că pătrund tot mai

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

adânc în stratul E, şi că sunt din ce în ce mai atenuate. Totuşi, pot ajunge la distanţe destul de mari, atât prin reflecţii succesive între stratul E şi pământ, precum şi prin propagarea directă deasupra pământului.

Pe la vreo 200 metri şi sub 200 mteri, undele intră în rezonanţă cu frecvenţa medie a ciocnirilor ce se produc între electroni şi moleculele ionizate din stratul E. Frecvenţa acestor ciocniri este de ordinul $10^6 - 1,5 \times 10^6$. Ca atare undele de această frecvenţă sunt în bună parte absorbite. Reflecţia este redusă şi neregulată, propagarea se face mai mult pe unda directă.

Undele de aproximativ 100 metri şi sub 100 metri trec prin stratul E întru cât au o frecvenţă mai ridicată decât frecvenţa ciocnirilor dată mai sus, suferă oarecare slăbire, şi ajung la stratul F_2. Aceste unde pot fi reflectate de mai multe ori între pământ şi stratul F_2.

Experienţa a arătat că în zona undelor decametrice, undele mai scurte, de circa 15—25 metri, se propagă mai bine ziua, iar undele mai lungi, de circa 30—60 m, se propagă mai bine noaptea. Explicaţia este următoarea:

Stratul E există de fapt numai ziua, căci noaptea ionii se recombină şi stratul dispare aproape complet, pentru ca la răsăritul soarelui să înceapă să se formeze din nou. Undele mai scurte, de 15—25 m sunt puţin absorbite de stratul E şi ca atare se propagă bine ziua, — în deosebire de undele 30—60 m care sunt în bună parte absorbite de stratul E.

Noaptea, stratul E dispare aproape complet, precum am arătat mai sus, aşa încât toate undele ajung nestingherite la stratul F_2.

Dar stratul F_2 se modifică în timpul nopţii prin faptul că se rareşte şi ca atare undele de 15—25 metri pătrund mai adânc în el noaptea decât ziua aşa încât se pierd sau suferă o atenuare foarte mare, în deosebire de undele de 30—60 m care sunt la fel de bine reflectate ca şi ziua. Ca atare noaptea se obţin rezultate mai bune cu undele

mai lungi, care pătrund mai puțin adânc, sunt complet reflectate și pe de altă parte circulă nestingherite prin stratul E care a dispărut aproape complet.

Undele de vreo 10 metri și sub 10 metri nu mai sunt reflectate nici de stratul E nici de stratul F_2. Ele străpung ambele straturi ionizate și se pierd în spațiile interplanetare ca lumina unui proiector îndreptat spre cerul senin. Este adevărat că se constată din când în când reflexia undelor de 10 metri și chiar a undelor mai scurte mergând până la vreo 5 metri. Dar aceste reflexii sunt cu totul neregulate și datorite unor ionizări anormale care modifică condițiile straturilor E și F_2 și produc și alte straturi inferioare nestabile.

Pe lângă influența lungimii de undă pe care am considerat-o până aci, distanța la care se întoarce unda reflectată mai depinde și de unghiul de radiație, care determină unghiul de incidență. Dacă unda este radiată în sus se va întoarce mult mai aproape de postul de emisiune decât în cazul când este radiată aproape orizontal. Iată de ce unghiul de radiație al unei antene are o influență foarte mare asupra bătăii.

Să cercetăm acum în mod sumar și unda directă, pentru a vedea cum se compară cu unda indirectă și cum o completează.

Undele lungi dela câteva sute de metri în sus, se propagă mai bine pe unda directă iar undele scurte, de sub 100 metri, se propagă în general mai bine pe unda indirectă.

Fig. 120 arată ce se întâmplă cu o emisiune de unde scurte: unda directă este atât de atenuată la câteva zeci de kilometri încât dispare, iar unda indirectă apare mult mai departe. Intre unda directă și unda indirectă avem o zonă de tăcere. Diferitele posturi de radio pe unde scurte care se aud așa de bine la noi, Londra, Roma, Paris, etc., nu se aud în diferite regiuni din țările lor de origină din cauza zonelor de umbră. Fig. 121 reprezintă în mod aproximativ bătăile maxime ce se pot obține cu

unde de diferite lungimi. De notat în primul rând scăderea bruscă a bătăii pe 10 metri prin dispariţia undei indirecte, precum s'a văzut mai sus. In al doilea rând se observă foarte bine zona critică pe la vreo 200 metri sau 150 kc frecvenţă la care se produce absorbţia prin rezonanţă.

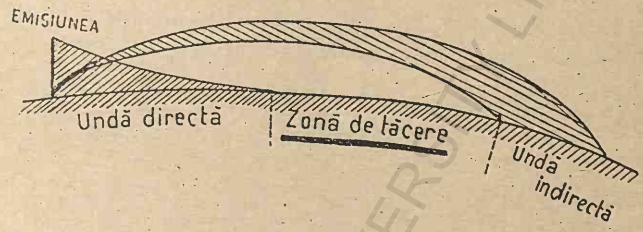


Fig. 120. — Zona de umbră sau de tăcere

Până aci am arătat în linii generale cum este influenţată recepţia de distanţă, de lungimea de undă şi de variaţia diurnă a straturilor ionizate.

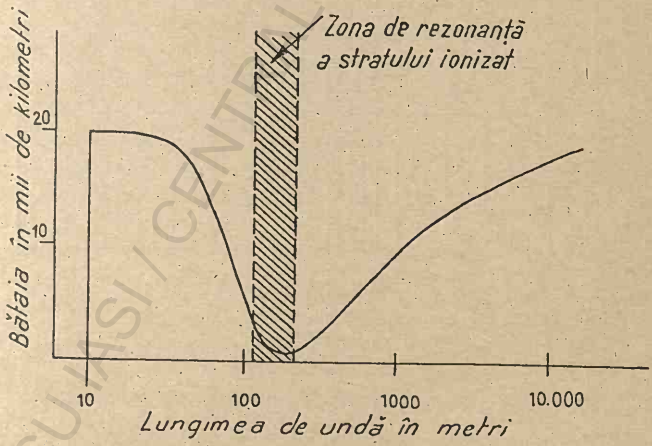


Fig. 121. — Bătăile aproximative ce se pot obţine cu unde de diferite lungimi

Dar propagarea mai este influențată și de alți factori: anotimpul, petele din soare și în sfârșit diferitele obstacole terestre.

Anotimpul are cam același efect ca și ziua și noaptea prin faptul, că în timpul verii ionizarea se intensifică și iarna scade.

Fig. 122 reprezintă această variație. Să luăm o anumită lungime de undă, de exemplu 70 metri, și să ne deplasăm

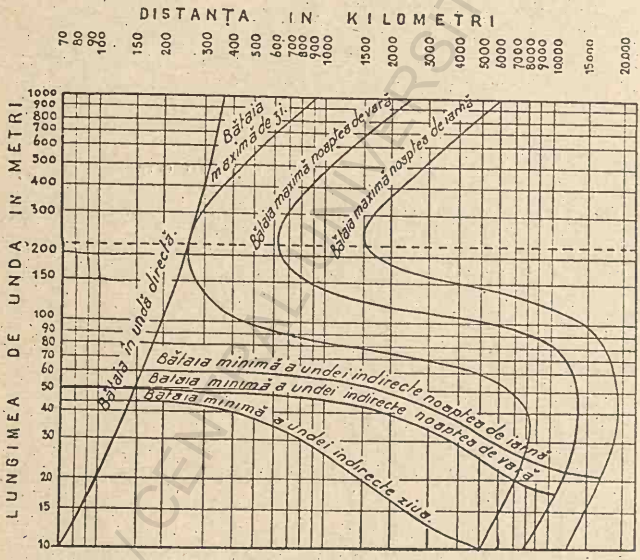


Fig. 122. — Bătăi *aproximative* în unde indirecte cu un emițător de 50 kw., iar la recepție 10 microvolți pe metru (după A. H. Taylor)

pe orizontala ei. Constatăm că bătaia în undă directă atinge aproximativ 150 km, că bătaia maximă în undă indirectă este de aproximativ 2600 km ziua, 9000 km

noaptea de vară şi vreo 16.000 noaptea de iarnă. Pe aceeaşi figură sunt reprezentate şi zonele de tăcere, aşa de exemplu unda de 30 de metri se propagă în undă directă până la aproximativ 120 km, de aci începe o zonă de tăcere care se întinde până la vreo 650 km ziua şi până la 3500 km în timpul nopţii de vară şi 5000 km în timpul nopţii de iarnă. Iar bătaia maximă pe undă indirectă este de vreo 8000 km ziua, 13.000 km noaptea de vară şi 18.000 km noaptea de iarnă. Aceste curbe au fost trasate de A. H. Taylor pentru un post de emisiune de 5.000 waţi, semnalul minim de recepţie fiind socotit 10 microvolţi pe metru. Posturile de emisiune mai slabe vor da bătăi mai mici în undă directă dar aproape aceleaşi bătăi în undă indirectă, recepţia devenind însă mai neregulată pe măsură ce scade puterea postului. Din cele de mai sus rezultă, că pentru a stabili o legătură între două locuri depărtate trebue aleasă numai o undă de zi şi o undă de noapte, dar şi o undă de iarnă şi o undă de vară. Astfel de exemplu, radio Tokio, care se aude foarte bine la noi, între orele 9 şi 11 seara îşi schimbă lungimea de undă după anotimp. Acest post situat la aproape 10.000 km are numai 20 kilowaţi (mai puţin decât un motor de automobil) şi se aude aşa de bine în Europa, prin faptul că emite cu o reţea de antene dirijate şi pe de altă parte lungimea de undă este anume aleasă ca să bată la această distanţă. Se poate spune că «tirul» staţiunii este reglat ca să bată în Europa.

Pe lângă variaţiile diurne şi sezoniere, straturile ionizate mai sunt influenţate de ciclul de 11 ani al petelor solare de ciclul de 27 zile precum şi fireşte de câte o pată mai mare.

Efectul petelor solare se observă după 3 zile dela apariţia lor, timpul necesar pentru călătoria electronilor dela soare la pământ. Astfel se pot prevedea la timp anumite perturbaţii în serviciile radio-electrice.

Obstacolele, munţii, regiunile împădurite şi oraşele, slăbesc recepţia în mod simţitor, mai ales pe undele scurte. Efectul lor se simte pe unde de câteva sute de metri şi devine foarte pronunţat pe undele sub 100 metri, când este vorba de unda directă. Astfel audiţiile sunt mai slabe în oraş ca la ţară, mai ales pe undele scurte.

Fading-ul

Fading-ul, sau slăbirea periodică a semnalelor este foarte pronunţată pe unda indirectă şi de fapt inexistent pe unda directă.

Fading-ul se explică prin schimbări în ionizarea şi în poziţia straturilor E şi F. Schimbări relativ mici pot produce completa stingere a semnalelor, fie printr'o mică deviere a undei reflectate când receptorul se află la marginea fascicolului ce se întoarce la pământ (fig. 80), — fie mai ales prin fenomenul de interferenţă. Acest din urmă fading se explică astfel: receptorul primeşte de obiceiu mai multe unde, care au parcurs drumuri diferite. Dacă diferenţa de drum e un multiplu fără soţ de $\lambda/2$, se produce un fenomen de interferenţă, căci undele se sting prin suprapunerea unei alternanţe pozitive pe o alternanţă negativă de aceeaşi amplitudine. Dacă diferenţa de drum este un multiplu cu soţ de $\lambda/2$ semnalele se însumează audiţia se întăreşte. Pe lângă interferenţa între două unde reflectate, se mai poate produce şi interferenţa între unda directă şi unda reflectată (fig. 123).

Zona în care unda directă are cam aceeaşi intensitate cu unda indirectă este de obiceiu zona în care se observă fadin -ul cel mai pronunţat. O mică schimbare de drum a undei indirecte produce în această zonă sau o întărire a semnalului sau o stingere mai mult sau mai puţin completă.

Efectul fading-ului se poate reduce prin întrebuinţarea antenelor directive atât la emisie cât şi la recepţie, prin întrebuinţarea mai multor antene de recepţie distanţate la câteva sute de metri, şi în sfârşit soluţia cea mai

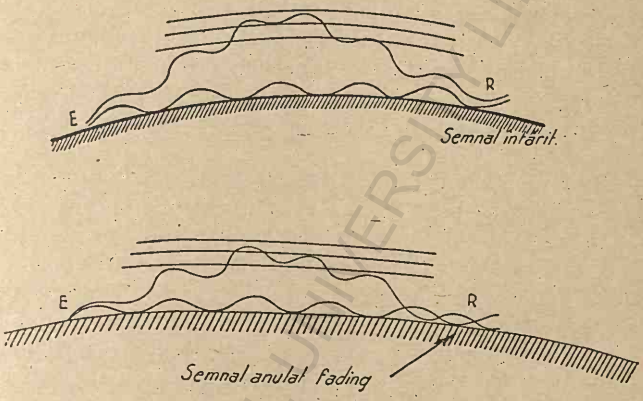


Fig. 123. — Efectul combinat al undei directe şi indirecte

întrebuinţată, prin dispozitivele de reglaj automat de volum. Prin aceste dispozitive se potriveşte mereu amplificarea receptorului pentru a compensa efectul fading-ului, aşa încât amplificarea se măreşte când semnalul este mai slab şi viceversa. Interesant este faptul că acest reglaj compensează numai variaţiile produse pe drum, cu alte cuvinte se menţine toată nuanţarea din studio prin faptul că pasajele « pianissime » rămân « pianissime » şi pasajele « fortissime » rămân « fortis me ».

Reglajul automat de volum se întrebuinţează în toate receptoarele bune, şi va fi descris într'un alt capitol.

ANOMALII IN PROPAGAREA UNDELOR

Efectul Dellinger

Acest efect se manifestă printr'o stingere completă şi foarte rapidă (cam în timp de un minut) a tuturor emisiilor pe unde scurte (sub 200 m).

Fenomenul se produce atât de brusc şi tăcerea pe toată gama este atât de completă încât produce impresia că s'a defectat recepţia. Fenomenul durează dela câteva minute până la o oră sau chiar mai mult, şi se produce simultan pe toată suprafaţa globului care e iluminată de soare.

Revenirea semnalelor se face treptat.

Fenomenul acesta a fost observat pentru prima oară în 1935 de către J. M. Dellinger, care l-a studiat amănunţit.

D-sa a arătat că fenomenul se datoreşte unei emisiuni subite şi foarte intense de raze ultraviolete produse de soare. Razele ultraviolete ionizează straturile înferioare ale atmosferei, — sub 120 km, — şi această ionizare împiedică trecerea undelor scurte la straturile de reflexie.

Fenomenul este însoţit câteodată de erupţii care se observă pe suprafaţa soarelui. Alteori însă nu se observă nimic pe soare şi nici pe suprafaţa pământului, întru cât emisiunea de raze ultraviolete este absorbită de straturile superioare ale atmosferei pe care le ionizează şi astfel nu mai pot ajunge la suprafaţa pământului pentru a fi percepute direct.

Fenomenul Dellinger se repetă la vreo 55 zile, interval care cuprinde cam 2 cicluri solare de 27 zile. Periodicitatea fenomenului Dellinger este numai aproximativă şi intensitatea sa variază foarte mult.

Efectul Luxembourg

Acest efect a fost observat întâi în 1933 în Eindhoven. Pe emisiunea postului elveţian Beromunster (460 m) se suprapunea postul Luxembourg (1190 m, 200 kw).

Această suprapunere nu s'a putut explica nici prin lipsa de selectivitate a receptorului nici prin emisiunea vreunor armonice nici prin alte fenomene cunoscute pe vremea aceea. Suprapuneri similare s'au observat ulterior și cu alte posturi de emisiune în aproape toată Europa.

S'a constatat că postul suprapus este întotdeauna un post puternic pe unde lungi (de obiceiu peste 1000 m) așezat între postul de recepție și cel de emisie, la 250—300 km de acesta din urmă. Fenomenul se produce numai noaptea. Explicația este următoarea:

Postul se suprapune prin modularea stratului Kennely Heaviside de deasupra sa, și influențează astfel unda care este reflectată în această zonă.

Ecourile de lungă durată

In 1927, s'a observat pentru prima oară un fenomen extrem de rar, ecoul radio-electric de lungă durată. J. Hals a auzit în Norvegia repetarea unui semnal emis de stațiunea PCJJ din Olanda, pe 3125 m. după un interval de 3 secunde. Fenomenul acesta foarte curios a fost verificat prin observații multiple. S'au înregistrat ecouri de durată și mai lungă, mergând până la 30 de secunde.

Se știe că viteza undelor hertziene este de aproximativ 300.000 km pe secundă. Prin urmare undele care înconjoară pământul produc un ecou după $^1/_7$ de secundă. Aceste ecouri se înregistrează în mod curent și s'au înregistrat chiar ecouri duble și triple, la $^1/_7$, $^2/_7$ și $^{\ }/_7$ de secundă.

Dar un ecou care apare după mai multe secunde, sau chiar după o jumătate minut, — fără ecouri intermediare, — este probabil de altă natură.

Pentru explicarea acestui fenomen s'au emis fel de fel de ipoteze.

In primul rând s'a presupus că undele au înconjurat pământul de mai multe ori «alunecând» pe stratul

Heaviside până ce în cele din urmă au coborît pe pământ. Această alunecare se produce printr'o refracţie la unghiul limită.

S'au emis ulterior alte teorii mai complexe, cu cele două straturi ionizate ale atmosferei, « *E* » şi « *F* ». Undele ar fi oarecum canalizate, între aceste două straturi şi înconjoară pământul de mai multe ori până ce găsesc o întrerupere în stratul « *E* » şi coboară pe pământ. Această teorie a fost combătută.

B. van der Pol şi E. P. Appleton au emis o ipoteză prin care undele ar fi încetinite şi reflectate cu întârziere, admiţând pentru aceasta o distribuţie cu totul specială a ionizaţiei din ionosferă.

Dar ipoteza cea mai plauzibilă pare a fi a lui C. Stormer.

Stormer socoteşte că o întârziere de 30 de secunde nu se poate produce în nicio parte a atmosferei. Această întârziere corespunde cu de 200 de ori înconjurul pământului. Printr'un drum aşa de lung undele ar fi atât de atenuate încât ar deveni imperceptibile.

In vid, slăbirea undelor s'ar datori numai risipirii lor şi dacă ar putea fi cumva concentrate, intensitatea semnalului n'ar scădea prea mult.

Stormer crede că electronii emişi de soare formează un inel în jurul pământului şi că acest inel poate reflectă undele hertziene, producând astfel ecoul de lungă durată. Stormer, — care s'a ocupat de aurorele polare produse tot de electronii emişi de soare, — găseşte că dimensiunile teoretice ale inelului de electroni corespund cu datele observate, că acest inel trece dincolo de lună, că e foarte variabil ca dimensiuni şi consistenţă, depinzând ca şi aurorele polare de petele din soare.

Aşa dar ecoul de câteva secunde ar fi produs de unde care au călătorit în spaţiile interplanetare.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A III-a

LĂMPILE DE RADIO

CAPITOLUL XI

DIODA

Ce este dioda.

Dioda sau lampa cu doi electrozi a fost inventată de Edison în anul 1883, prin simpla introducere a unei plăci metalice în balonul lămpii sale cu incandescență (fig. 124).

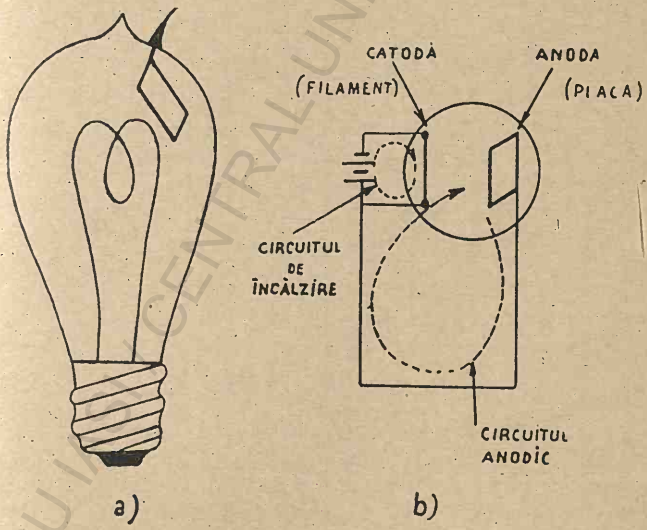


Fig. 124. — Dioda

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acest dispozitiv, format aşa dar dintr'un electrod incandescent (filamentul) şi un electrod rece (placa) are proprietatea de a conduce curentul dela un electrod la altul prin vidul sau gazul rarefiat ce le desparte. Un al doilea fenomen şi mai neaşteptat decât acesta, curentul trece numai într'un singur sens. Aşa dar dioda constitue o supapă electrică.

Funcţionarea diodei a rămas multă vreme neînţeleasă căci nu se putea explica trecerea curentului prin spaţiul izolator dintre electrozi şi nici conductibilitatea unilaterală.

Fig. 125 arată fenomenul de conductibilitate unilaterală. Când bateria de placă este legată cu pozitivul la placă avem curent, iar când inversăm polaritatea nu mai avem curent.

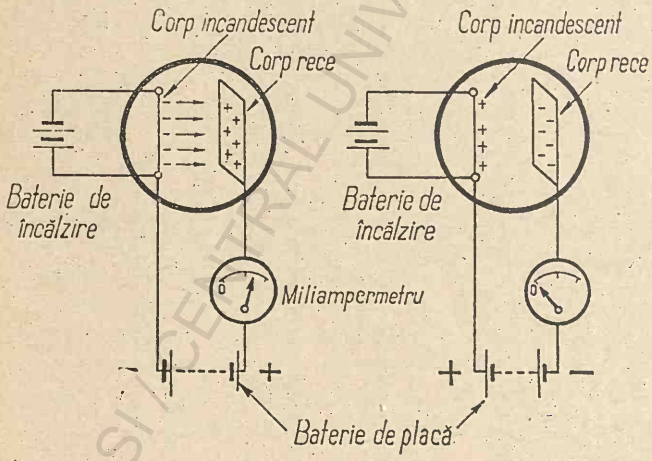


Fig. 125. — Conductibilitatea unilaterală a diodei

Explicaţia apare astăzi foarte simplă. Corpurile incandescente emit electroni (particule de electricitate negativă) iar corpurile reci nu emit electroni.

Dacă încărcăm acum electrodul rece al diodei cu electricitate pozitivă (dela bateria de placă), placa atrage electronii emişi de electrodul incandescent şi astfel se stabileşte curentul prin spaţiul izolator ce desparte electrozii.

Din această explicaţie rezultă şi denumirea dată celor doi electrozi: *catoda* sursa de electroni şi *anoda* placa rece pozitivă care atrage electronii.

Este evident că dacă placa rece devine negativă (prin inversarea bateriei de placă), respinge electronii şi astfel nu se mai poate stabili curentul. Astfel se explică redresarea.

De notat că încălzirea catodei nu trebue să se facă neapărat pe cale electrică Catoda s'ar putea încălzi de exemplu din afară cu o flacăre, sau prin curenţi Foucault, dar încălzirea electrică e cea mai lesnicioasă şi ca atare singura întrebuinţată.

Emisiunea electronică

Corpurile bune conducătoare de electricitate au electroni liberi cari se deplasează nestingheriţi în interiorul lor. Dar aceşti electroni nu pot ieşi decât foarte anevoie din corpurile în care se află. Intr'adevăr, electronii ajunşi la suprafaţa corpului sunt atraşi înapoi şi nu pot trece bariera pe care o constitue această suprafaţă, decât dacă au o viteză foarte mare.

Pentru a extrage un electron, trebue o anumită energie. Putem asemui electronii cu bilele care se află în fundul unei farfurii unde se deplasează în voie. Pentru a părăsi farfuria bilele trebue să dispună de o anumită energie spre a se ridica deasupra marginei. Dar odată ce au trecut această barieră cad pe masă şi îşi reiau toată libertatea de mişcare.

Pe măsură ce se ridică temperatura unui corp, electronii îl părăsesc cu mai mai multă uşurinţă. După cum

evaporarea unui lichid creşte cu temperatura, tot astfel şi «evaporarea» electronică creşte cu temperatura. Când un metal e adus la incandescenţă apare în jurul său un «nor» de electroni, — bineînţeles invizibil. Electronii aceştia cari se află în imediata apropiere a suprafeţei (fracţii de milimetru) formează o încărcătură spaţială negativă care împiedică evaporarea altor electroni prin faptul că fiind tot negativi îi resping. Dacă însă «norul» de electroni este scurs, de exemplu printr'o placă pozitivă care îi atrage atunci se mai pot evapora şi alţi electroni cari le iau locul, sunt scurşi şi ei la rândul lor, ş.a.m.d., aşa încât se stabileşte un curent continuu de electroni. Avem adică un curent electric dela corpul incandescent la placa pozitivă rece, prin intervalul izolator care separă aceste două elemente.

Curentul este format, repet, de electronii atraşi de placă. Viteza lor este foarte mare, de 10—20 km pe secundă, variind cu tensiunea aplicată.

Producerea emisiunii electronice se poate face în mai multe feluri:

a) prin încălzire, — singura cale întrebuinţată în radio,
b) pe cale fotoelectrică,
c) reacţii chimice,
d) bombardament electronic,
e) prin aplicarea unor tensiuni ridicate la distanţe mici.

a) Emisiunea electronică prin încălzire este cea mai importantă. Depinde de temperatură şi de natura corpului. Fiindcă emisiunea electronică creşte foarte repede cu temperatura, s'au căutat mai întâi metalele cu punctul de fuziune cel mai ridicat. Dela platină, care are punctul de fuziune la 1755° C s'a trecut de multă vreme la tungsten, 3270° C şi după aceea s'a întrebuinţat tungsten toriat şi în sfârşit suprafeţe de oxizi de bariu şi de stronţiu, precum vom vedea la construcţia lămpilor.

b) Lumina obișnuită și razele ultraviolete au proprietatea de a pune în libertate electronii metalelor. Dispozitivele construite pe acest principiu se numesc celule fotoelectrice [1]).

c) Anumite reacții chimice eliberează electronii, de exemplu sinteza clorurei de sodiu, prin introducerea sodiului lichid într'o atmosferă de gaz rarefiat.

d) Bombardamentul electronic produce o emisiune electronică secundară, de care ne vom ocupa ulterior.

e) Aplicarea unor tensiuni ridicate la distanțe mici poate determina o emisiune electronică la rece.

Aceasta se produce în redresorii eletrolitici.

— Emisiunea electronică se poate face:

1. în vid, sau
2. în gaz.

In toate lămpile de radio emisiunea electronică se face în vid.

Emisiunea electronică în gaz produce ionizarea gazului. Astfel curentul electric rezultă nu numai din deplasarea electronilor, ci și din deplasarea ionilor. Se obține așa dar un curent mai mare. Prezența gazelor produce însă neajunsuri, funcționarea prezintă mici iregularități și pe de altă parte bombardarea catodei de către ionii pozitivi strică de obiceiu suprafața emițătoare.

Precum am spus, emisiunea electronică în gaz nu este întrebuințată în lămpile de radio, dar este întrebuințată în lămpile redresoare.

Curba caracteristică a diodei

Să realizăm montajul din fig. 126 pentru a vedea cum variază intensitatea curentului anodic cu tensiunea aplicată. Menținem încălzirea filamentului neschimbată. Variem numai tensiunea anodică prin deplasarea cursorului

---

[1]) Acestea sunt tratate în lucrarea mea despre « Televiziune ».

potenţiometeric P, citim această tensiune cu voltmetrul V, şi intensitatea curentului cu miliampermetrul A.

Rezultatele acestor citiri sunt arătate tot în fig. 126.

Curentul creşte la început încet din cauza sarcinei spaţiale, care este prea puţin influenţată de voltajul

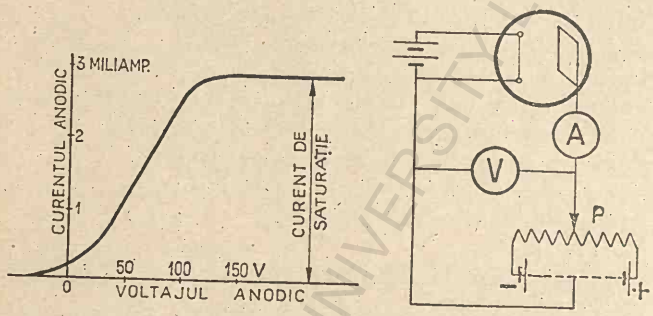


Fig. 126. — Caracteristica diodei

redus al plăcii. Pe urmă curentul creşte mai repede şi în cele din urmă rămâne staţionar. Oricât mărim potenţialul aplicat pe placă (sau mai exact diferenţa de potenţial între anodă şi catodă) curentul nu trece de o anumită limită, care constitue curentul de saturaţie.

Aceasta se explică prin numărul limitat de electroni pe cari îi emite o anumită catodă la o anumită temperatură.

Dacă însă mărim treptat temperatura filamentului şi trasăm curbe noui, vom obţine fig. 127 din care se vede că aceste curbe noui se suprapun şi se contopesc în partea inferioară pentru a se despărţi sus, unde se constată curenţi de saturaţie cu atât mai mari cu cât temperatura filamentului e mai ridicată.

Dar să studiem mai de aproape curba caracteristică.

Să comparăm întâi rezistenţa diodei cu o rezistenţă ohmică obişnuită.

O rezistență ohmică obișnuită se exprimă printr'un număr care arată câți ohmi are[1]).

Cunoscând acest număr deducem toate relațiile posibile între tensiune și curent prin simpla formulă

$$R = \frac{E}{I}$$

care arată că rezistența nu e decât *raportul constant între tensiunea aplicată și curentul rezultant.*

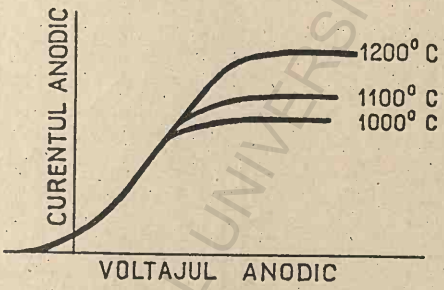


Fig. 127. — Caracteristicele diodei la diferite temperaturi ale catodei

Această relație poate fi ilustrată printr'o dreaptă. Fig. 128 reprezintă două drepte formate din toate punctele care satisface relația de mai sus. Precum se vede, înclinația dreptelor indică valoarea rezistenței. Dreptele au fost prelungite în jos dincolo de zero în regiunea negativă care corespunde cu inversarea tensiunei și implicit inversarea sensului în care circulă curentul.

Să ne întoarcem acuma la caracteristica diodei din fig. 126 pe care am reprodus-o pe o scară mai mare în fig. 129.

---

[1]) La această caracteristică se adaugă, de obiceiu și curentul maxim de funcționare, fie în amperi, fie indirect, în wați (I^2R).

Constatăm în primul rând că nu numai intensitatea curentului dar și rezistența variază încontinuu cu voltajul aplicat. Astfel în punctul A avem o rezistență

$$R_A = \frac{50}{0{,}00105} = 47.600 \text{ ohmi}$$

iat în punctul B

$$R_B = \frac{60}{0{,}00145} = 41.300 .$$

Să vedem acum ce se întâmplă dacă lampa funcționează între A și B.

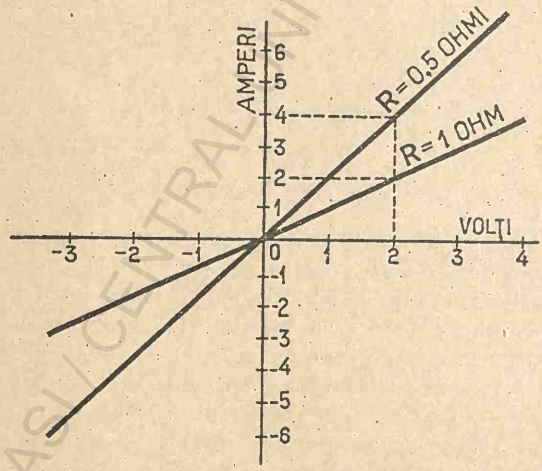


Fig. 128.— Caracteristicele rezistențelor obișnuite

Constatăm că o variație de 10 volți (60—50) produce o variație de curent de 0,0004 amperi (0,00145—0,00105).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Suntem aşa dar îndreptăţiţi să spunem că în acest caz lampa se comportă ca o rezistenţă de

$$\frac{10}{0{,}0004} = 25.000 \text{ ohmi}$$

cu toate că dreapta R_{AB} nu trece prin originea axelor. Intr'adevăr numai o rezistenţă obişnuită de 25.000 ohmi produce o variaţie de curent de 0,0004 amperi când tensiunea aplicată variază cu 10 volţi.

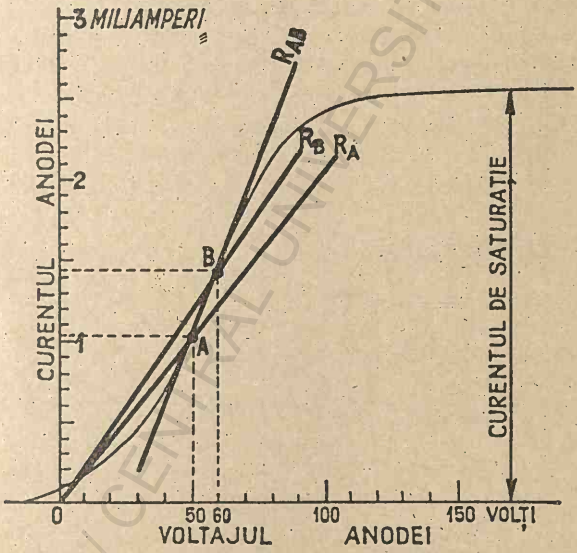


Fig. 129. — Rezistenţa diodei în punctul « A », în punctul « B » şi în timpul funcţionării între « A » şi « B »

Rezistenţa în punctul A şi în punctul B se numesc *rezistenţe statice* şi sunt exprimate prin înclinaţia dreptelor R_A şi R_B, iar rezistenţa de funcţionare între A şi B (sau în jurul acestor puncte) se numeşte *rezistenţă dinamică* şi e exprimată prin înclinaţia dreptei R_{AB}.

Această rezistenţă dinamică R_{AB} e cea care interesează, întru cât corespunde cazului practic când lampa e în funcţiune, şi anume între limitele A şi B, sau în această regiune.

Rezistenţa măsurată într'un singur punct A, B, etc., nu corespunde întrebuinţării, căci lampa nu prezintă interes practic ca o simplă rezistenţă de scădere de voltaj care să lucreze la un voltaj sau la un curent fix.

Dacă aplicăm un voltaj alternativ pe o rezistenţă ohmică obişnuită rezultă un curent alternativ (fig. 130).

Dacă însă aplicăm un voltaj alternativ pe diodă rezultă un curent direcţional pulsativ (fig. 130) întru cât, precum am văzut, caracteristica diodei *nu* se prelungeşte în regiunea negativă.

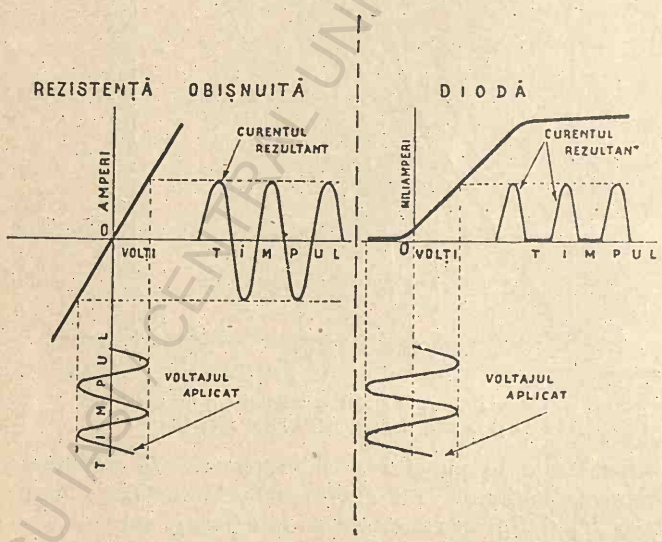


Fig. 130. — Curentul rezultat prin aplicarea unui voltaj alternativ pe o rezistenţă ohmică obişnuită şi pe o diodă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Intrebuinţări

Dioda are două întrebuinţări, la:

1. *Detecţie*, adică perceperea curenţilor slabi de înaltă frecvenţă culeşi de o antenă, prin transformarea lor în curenţi pulsativi unidirecţionali, cari pot impresiona urechea sau aparate sensibile.

Această întrebuinţare a fost dată pentru prima oară de Fleming în 1905.

2. *Redresare*, adică transformarea curenţilor industriali (de mare intensitate şi de joasă frecvenţă) în curenţi pulsativi unidirecţionali, pentru încărcarea acumulatorilor, alimentarea aparatelor de radio, etc.

Fig. 131 reprezintă construcţia interioară a unei detectoare şi unei redresoare, ambele sunt diode duble sau duo-diode.

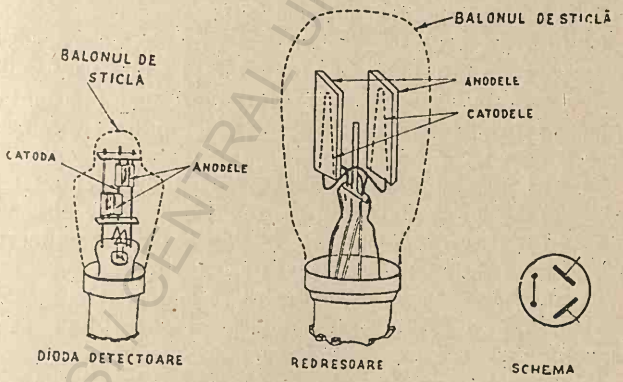


Fig. 131. — Construcţia unei detectoare şi unei redresoare

Asupra detecţiei vom reveni pe larg mai departe la capitolul respectiv.

Asupra redresării ne vom opri acum.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru alimentarea directă a aparatelor de radio se întrebuinţează diode în vid, cu o catodă şi două anode (un filament şi două plăci) spre a redresa ambele alternanţe ale curentului.

Curenţii de intensitate mare, întrebuinţaţi la încărcarea acumulatorilor, etc. se redresează în diode cu gaz. Precum am văzut mai sus, conductibilitatea diodei creşte mulţumită ionizării, şi se obţin curenţi mari cu o mică pierdere de tensiune.

In această categorie de lămpi intră:

a) dioda cu vapori de mercur şi

b) redresorul « Tungar ».

a) Vaporii cu mercur au proprietatea de a se ioniza la tensiuni foarte mici, sub 20 V, aşa încât bombardamentul ionilor rezultanţi nu este destul de puternic pentru a distruge suprafaţa emiţătoare de oxizi metalici, — care e precum am văzut o suprafaţă cu mare emisiune electronică şi are o structură puţin stabilă.

b) In redresorul « Tungar », care este de o construcţie mai veche, se întrebuinţează o suprafaţă emiţătoare mult mai săracă în electroni, dar în schimb mai rezistentă, tungsten pur. Gazul este « argon », de unde şi numele de « Tungar », care vine dela « *tung*sten » şi « *ar*gon ».

Se mai întrebuinţează şi diode cu catode reci; acestea se bazează pe conductibilitatea unilaterală ce se observă între un vârf şi o placă aşezată într'un balon cu gaz inert. Vârful are rol de anodă iar placa e catoda.

In sfârşit, trebue să adăugăm că se mai întrebuinţează pentru curenţi foarte mari, diode a căror catodă este formată dintr'un arc de mercur.

In general, redresarea se face pe ambele alternanţe. Fig. 132 arată redresarea unei alternanţe şi a ambelor alternanţe. Cele două elemente de redresare întrebuinţate în acest caz se montează într'un singur balon, formând aşa dar o singură lampă (fig. 133). In schemă au fost arătate separat pentru mai multă claritate.

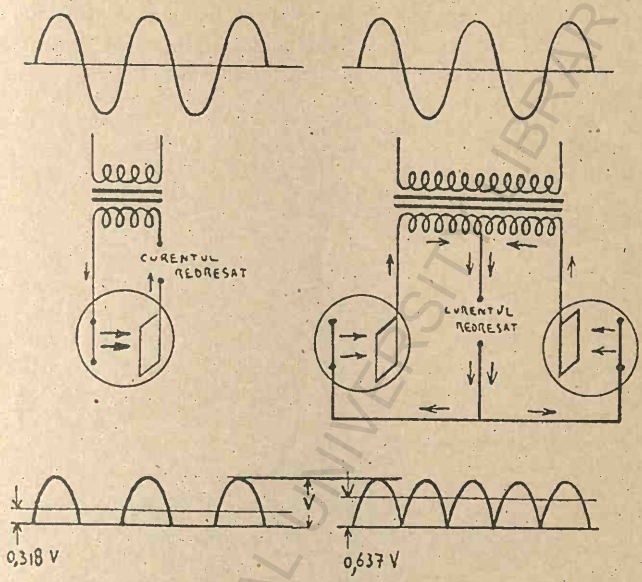


Fig. 132. — Redresarea unei alternanțe și a ambelor alternanțe

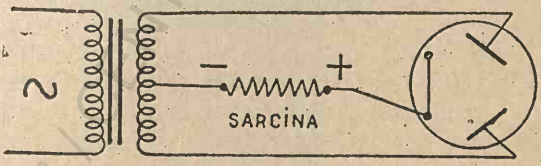


Fig. 133. — Montarea lămpii redresoare biplacă

In sfârșit, odată cu redresarea se poate obține și o dublare de tensiune, printr'un simplu artificiu de montaj (fig. 134).

Dublarea tensiunii se face astfel:

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alternanța 1 trebue să treacă prin dioda 1 și prin condensatorul 1, pe care îl încarcă cu polaritatea indicată.

Alternanța 2 nu poate trece decât prin lampa 2) și implicit prin condensatorul 2) pe care îl încarcă de asemenea precum se vede în figură.

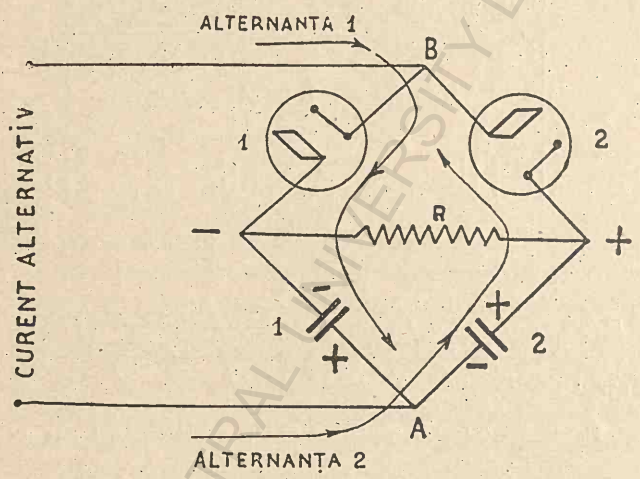


Fig. 134. — Montajul pentru dublarea tensiunii

Așa dar cei doi condensatori, montați în paralele față de rețea, se încarcă succesiv. Dar față de rezistența de utilizare R, condensatorii sunt montați în serie. Cum fiecare condensator este încărcat la tensiunea rețelei, prin descărcarea lor în serie rezultă dublarea tensiunii.

Valoarea condensatorilor depinde de sarcină. Ordinea de mărime obișnuită la aparatele de recepție e de 0,5—1 microfarazi.

Acest montaj se întrebuințează în aparatele de rețea care merg pe alternativ. Astfel se mărește tensiunea fără transformator, care e o piesă mare, scumpă și grea.

Alte supape electrice

Pe lângă supapa electronică studiată mai sus dioda, există şi alte supape electrice. Vom cerceta numai galena şi redresorul cu oxid de cupru, ca fiind cele mai importante.

Galena este formată dintr'un cristal de sulfură de plumb pe care se reazimă un vârf metalic arcuit (fig. 135). Acest contact are caracteristica din fig. 136 şi se întrebuinţează precum ştie toată lumea pentru recepţiile radioelectrice. Fig. 137 învederează detectarea.

Faţă de diodă, prezintă dublul avantaj de a fi mai ieftină şi de a funcţiona fără alimentare (ne referim la alimentarea filamentului diodei). In schimb trebue să se regleze din când în când vârful de contact. Galena nu poate redresa curenţi de intensitate mare.

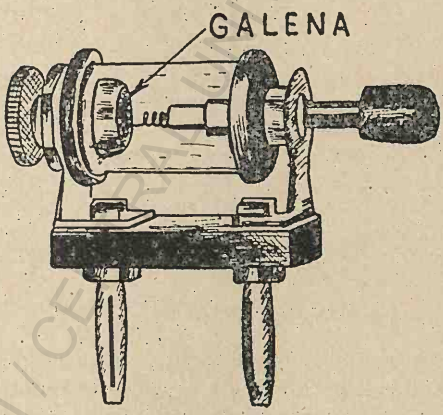


Fig. 135. — Galena

Redresorul cu oxid de cupru

Oxidul format pe suprafaţa unei plăci de cupru, pus în contact cu un alt metal, de exemplu o placă de plumb, constitue o excelentă supapă electrică.

Conductibilitatea acestui contact oxid de cupru-plumb este de 1.000 de ori mai mare într'un sens ca în celălalt. Fig. 138 a reprezintă secţiunea acestui element redresor, format din plăci circulare strânse cu un şurub central (fig. 138 b).

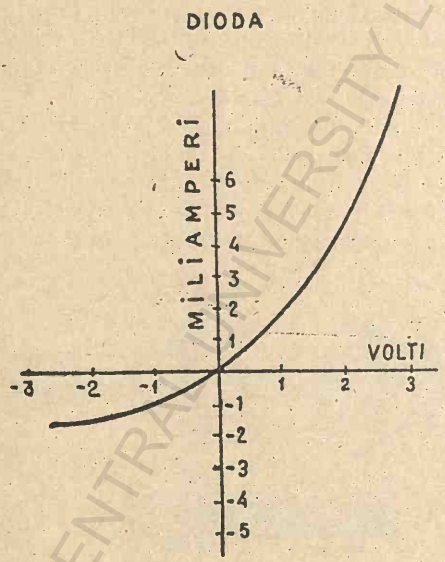


Fig. 136 —Curba caracteristică a galenei

Redresarea ambelor alternanţe se face cu montajul din fig. 139 a şi fiindcă toate discurile se montează pe un singur suport, montajul acesta se realizează cu aranjamentul din fig. 139 b.

Pentru tensiuni mai ridicate se pun două sau mai multe elemente în serie pe fiecare braţ al puntei.

Redresorii cu oxid de cupru se întrebuinţează mai mult la încărcarea acumulatorilor decât la alimentarea aparatelor de radio.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

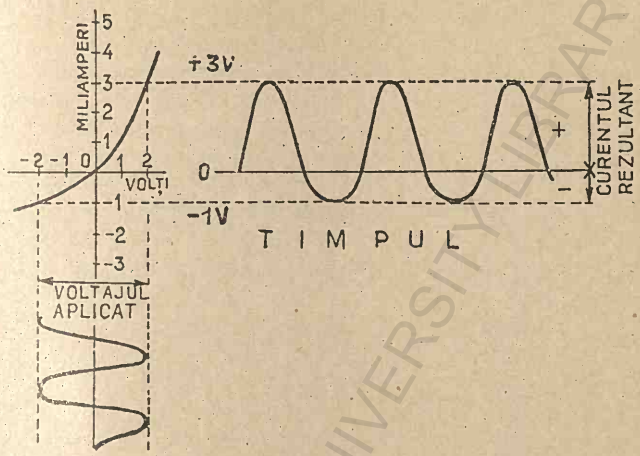


Fig. 137.— Detectarea

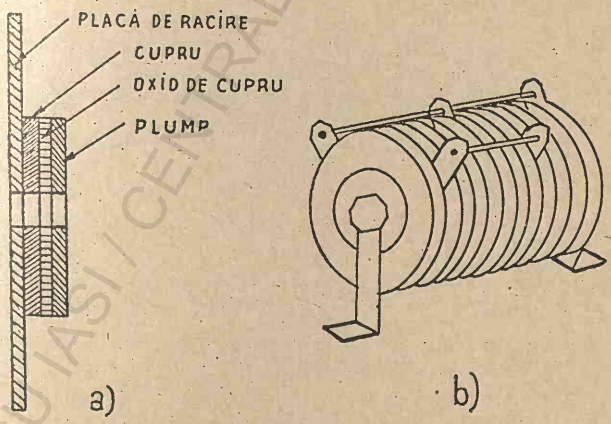
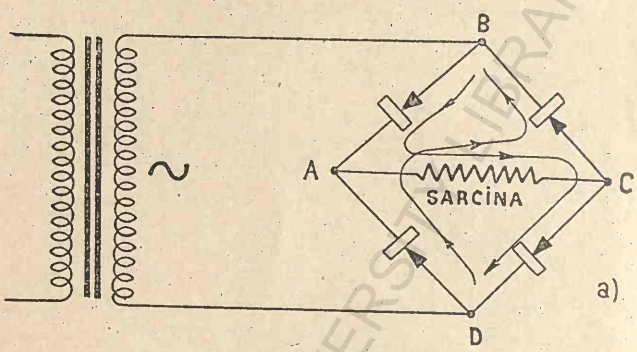


Fig. 138. — Redesorul cu oxid de cupru

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



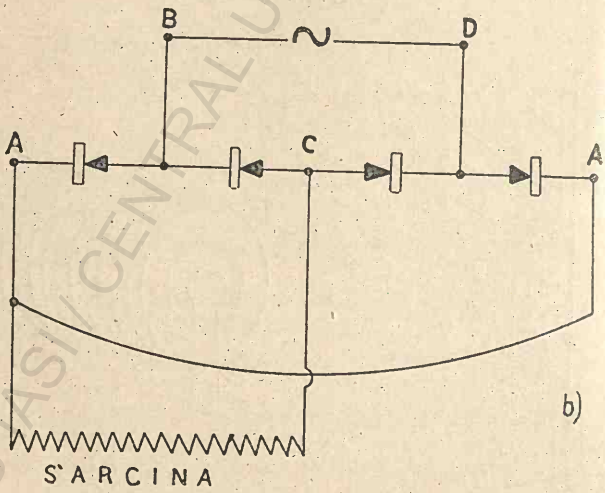


Fig. 139. Montarea redresorilor cu oxid de cupru

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Evident că şi aceşti redresori pot servi la dublarea tensiunii cu schema din fig. 134.

Se construesc şi redresori cu oxid de cupru ca detectori cari înlocuesc galena sau dioda.

Aceştia se numesc de obiceiu Westector după numele casei Westinghouse care s'a specializat în redresori cu oxid de cupru.

Afară de aceşti redresori se mai întrebuinţează şi redresorii cu seleniu cari sunt foarte asemănători.

Redresorii cu oxid de cupru şi cu seleniu durează ani de zile, funcţionând continu fără a da semne apreciabile de uzură.

CAPITOLUL XII

TRIODA

In 1906 americanul Lee de Forest a introdus o sită între anoda şi catoda diodei, făcând una din cele mai mari invenţii din vremurile moderne (fig. 140). Intr'adevăr lampa de radio are aceeaşi importanţă ca dinamul, motorul cu explozie, telefonul, etc.

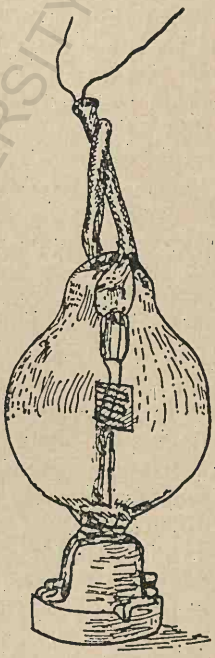


Fig. 140. — Prima lampă cu 3 electrozi

Sita adăugată de Lee de Forest este elementul de comandă, este robinetul care închide sau deschide calea electronilor cari merg dela filament la placă.

Reglarea debitului de electroni se face fără ca sita să se deplaseze, numai prin starea ei de încărcare electrică.

Intr'adevăr, când sita este negativă, electronii sunt respinşi, calea este închisă, iar când sita devine pozitivă, electronii sunt atraşi şi accelerați spre placă, trecând prin ochiurile sitei. Dar sita nu este un întrerupător care taie curentul complet, ci un regulator care îi variază intensitatea treptat, dela zero la o anumită valoare maximă. Am considerat întâi cazurile extreme numai pentru a învedera mecanismul funcționării.

Prin poziția ei privilegiată, în apropierea filamentului, sita are o mai mare înrâurire asupra curentului de placă, decât placa. Cu alte cuvinte, o mică variație de potențial aplicată pe sită produce o mare variație de curent.

Sita se menține aproape întotdeauna negativă, mai negativă de —1,3 V.

Lampa cu trei electrozi este în fond un amplificator, Lee de Forest i-a zis «microscopul electric». Dar b'ne înțeles că amplificarea optică este diferită de amplificarea lămpii cu trei electrozi care este un amplificator de energie şi acționează prin eliberarea energiei unei surse locale, care este bateria de placă.

Lampa mai poate fi privită ca un releu, întru cât primeşte un curent slab prin care stabileşte circuitul local al unui curent de intensitate mai mare.

Cum însă stabilirea circuitului se face fără deplasarea vreunei piese mecanice, lampa poate acționa oricât de repede, având astfel o superioritate enormă față de releele obişnuite.

In al doilea rând, curentul local este proporțional cu intensitatea curentului ce se amplifică, ceea ce constitue un al doilea punct de superioritate, la fel de important ca şi primul.

Iar în al treilea rând, putem spune că lampa, — în deosebire de releele obişnuite, — n'are o limită inferioară de sensibilitate şi poate amplifica şi curenții cei mai slabi.

După cum vom vedea mai departe există totuşi o limită determinată de emisiunea neregulată a electronilor.

Mulțumită acestor trei puncte de superioritate, lampa este un aparat electric cu nesfârșite posibilități.

Caracteristicele lămpii cu trei electrozi

Putem trasa caracteristica lămpii cu trei electrozi întocmai ca la diodă (fig. 126), cu singura deosebire că trebue să precizăm și tensiunea de sită, întru cât pentru diferite tensiuni de sită se obțin diferite curbe, precum se poate vedea în fig. 141.

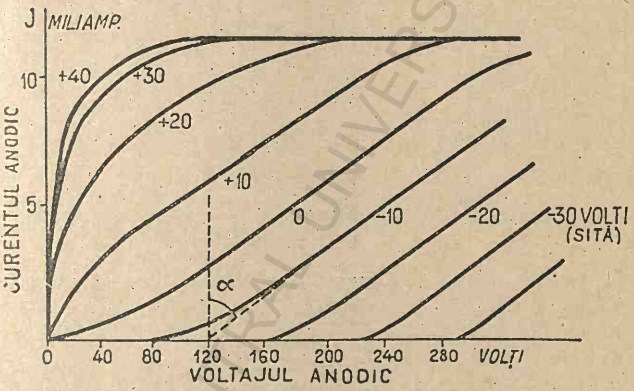


Fig. 141. — Caracteristicile anodice ale triodei

Dar în cazul triodei ne interesează mai mult o altă familie de curbe, care arată relația între potențialul *sitei* și curentul anodic.

Pentru a determina aceste curbe se realizează montajul din fig. 142. Filamentul este încălzit la o temperatură fixă, placa este alimentată la o tensiune constantă și se variază numai potențialul sitei. Fig. 143 reprezintă rezultatul cetirilor, exprimând precum spuneam variația curentului de placă față de variația potențialului de *sită*.

Precum se vede, caracteristica cuprinde o porțiune aproximativ dreaptă, mai mult sau mai puțin înclinată și sfârșește printr'o porțiune orizontală, care exprimă curentul de saturație.

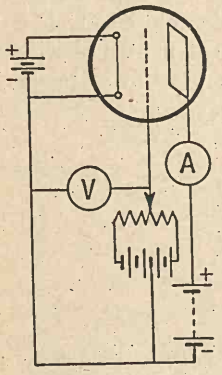


Fig. 142. — Montajul pentru trasarea caracteristicei triodei

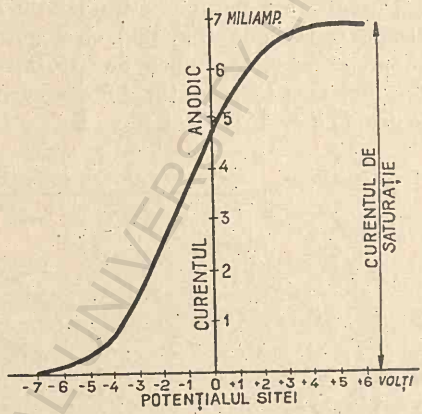


Fig. 143. — Caracteristica sită-anodă a triodei

Fig. 144 reproduce curba din figura precedentă și în plus alte curbe luate cu diferite tensiuni anodice.

Se vede că ridicarea tensiunii anodice deplasează curba caracteristică spre stânga ceea ce este firesc deoarece prin ridicarea tensiunii anodice crește și curentul, deci obținem un punct nou, peste cel inițial, când sita rămâne la același potențial.

Aceste curbe servesc pentru a studia funcționarea lămpilor în diferite împrejurări, precum vom vedea mai departe.

Curbele mai servesc la determinarea caracteristicelor pe care le examinăm mai jos.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

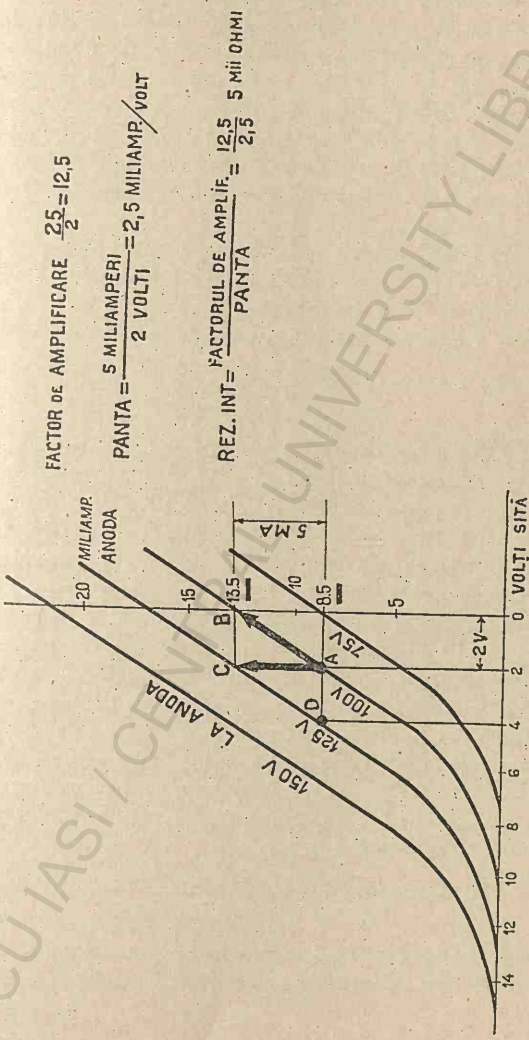


Fig. 144. — Determinarea caracteristicelor din curbele triodei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Factorul de amplificare (k).

Dacă vrem să mărim curentul la anodic de exemplu cu 5 *MA.*, putem obține această ridicare de nivel, — să zicem dela 8,5 la 13,5 *MA.* — în două feluri:

Sau pornim dela punctul *A* și alunecăm pe curba caracteristică la *B* prin ridicarea potențialului de sită cu 2 V (dela —2 volți la 0), sau ne ridicăm dela *A* la *C* trecând dela curba de 100 volți la curba de 125 de volți, — mărind tensiunea anodică cu 25 de volți.

Așa dar, adăugând 25 de volți la placă obținem același efect pe care l-am obținut când am adăugat 2 volți la sită. Suntem deci îndreptățiți să spunem că această lampă are un factor de amplificare de

$$\frac{25}{2} = 12{,}5.$$

Mai putem privi lucrurile și astfel: curentul anodic rămâne neschimbat dacă variem în același timp și în sens opus, tensiunea de sită cu 2 volți și tensiunea de placă cu 25 volți, trecând așa dar dela *A* la *D* (fig. 144) Astfel se dovedește că cele două variații de potențial, deși neegale se contrabalansează, sunt echivalente.

Este de observat că vom găsi același factor de amplificare și la alte tensiuni anodice, atâta timp cât ne menținem în regiunile drepte ale caracteristicelor, întru cât ele sunt aproximativ paralele, iar distanța dintre ele este proporțională cu tensiunea anodică.

Tratatele și cataloagele germane nu cuprind de obiceiu factorul de amplificare al lămpilor, ci o altă caracteristică, numită « Durchgriff ». « Durchgriff »-ul este inversul factorului de amplificare adică

$$\text{Factor de amplificare} = \frac{1}{\text{Durchgriff}}$$

Așa dar « Durchgriff »-ul arată fracția de tensiune anodică care trebue adăugată la sită, pentru a obține aceeași

variaţie de curent anodic pe care am obţinut-o cu o anumită variaţie de tensiune anodică.

«Durchgriff»-ul se exprimă câteodată prin cuvântul «penetranţă»,

Din punct de vedere constructiv lampa are un factor de amplificare cu atât mai mare cu cât sita e mai aproape de catodă şi cu cât e mai deasă.

Panta.

Creşterea curentului anodic exprimat în miliamperi pentru fiecare volt aplicat pe sită se numeşte pantă, sau «conductanţa naturală».

In cazul nostru, panta este de

$$\frac{5 \text{ miliamperi}}{2 \text{ volţi}} = 2{,}5 \text{ miliamperi pe volt}$$

Din punct de vedere constructiv, panta este cu cât mai mare, cu cât sita e mai aproape de catodă şi cu atât emisiunea electronică e mai bogată.

Rezistenţa interioară (R).

Rezistenţa interioară a lămpii se poate ceti direct pe caracteristica curent anodic — voltaj anodic (fig. 141) după inclinaţia porţiunii drepte dată de unghiul α.

Aflăm în felul acesta rezistenţa dinamică aşa cum am aflat şi rezistenţa dinamică a diodei (rezistenţa R_{AB}, fig. 129 şi *nu* rezistenţa R_A sau R_B adică rezistenţa într'un punct dat, care poate avea aproape orice valoare).

Rezistenţa interioară a lămpii nu se poate citi direct pe caracteristica voltaj-sită-curent anodic, dar se poate calcula uşor cunoscând panta şi factorul de amplificare.

Intr'adevăr

$$R = -\frac{E}{I}$$

şi fiindcă e vorba de rezistenţa dinamică, vom lua o variaţie de voltaj şi o variaţie de curent.

Să variem potențialul sitei cu 1 volt. Aceasta corespunde cu o variație de « k » volți pe anodă (« k » fiind factorul de amplificare), iar variația de curent va fi în cazul acesta egală cu panta (vezi definiția de mai sus).

Așa dar

$$R = \frac{\text{factorul de amplificare}}{\text{pantă.}}$$

In cazul nostru R are valoarea de 5000 ohmi.

Din punct de vedere constructiv lampa are rezistența interioară cu atât mai mică cu cât emisiunea electronică e mai bogată, cu cât anoda e mai aproape de catodă și cu cât sita e mai rară.

Valoarea practică a caracteristicelor

Valoarea caracteristicelor se va vedea lămurit mai departe la studiul amplificatorilor. Este însă indicat ca de pe acum să aruncăm o privire generală asupra lor.

S'ar putea crede că o lampă amplifică cu atât mai mult cu cât are un factor de amplificare mai mare. Dar odată cu factorul de amplificare crește și rezistența interioară a lămpii, așa încât influența mai pronunțată a sitei este contrabalansată în parte prin rezistența mărită în care se produce această influență.

Factorul de amplificare este mai mult un cœficient de ecranare al anodei.

Astfel vom vedea mai departe că anumite lămpi cu factori de amplificare de 4—5.000 de abia dau o amplificare utilă de 100—200.

Panta lămpii interesează câteodată mai mult decât factorul de amplificare și are în orice caz un caracter mai practic.

In sfârșit, vom vedea la amplificatorii de putere că acolo ne interesează produsul: factor de amplificare × panta.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acest produs se numeşte « factorul de putere », « factorul de calitate » sau în sfârşit în limba germană « Güteziffer ».

In concluzie caracteristicele lămpilor intervin într'un mod complex prin valorile lor relative şi în raport cu circuitele în care intră, aşa încât o caracteristică izolată nu poate constitui un indiciu practic asupra lămpii.

Funcţionarea lămpii în sarcină, caracteristicele dinamice

Variaţia curentului anodic poate fi întrebuinţată în două feluri:

1. Ca să producă o diferenţă de potenţial (trecând printr'o rezistenţă), care se aplică pe sita lămpii următoare.

2. Ca să pună în mişcare membrana căştii, a difuzorului, etc.

Şi într'un caz şi într'altul curentul anodic trebue să treacă neapărat printr'o rezistenţă, sau mai exact printr'o sarcină, căci altfel n'ar putea fi întrebuinţat.

Dar adăugarea sarcinii în circuitul anodic (fig. 145), schimbă funcţionarea lămpii: reduce panta şi reduce factorul de amplificare.

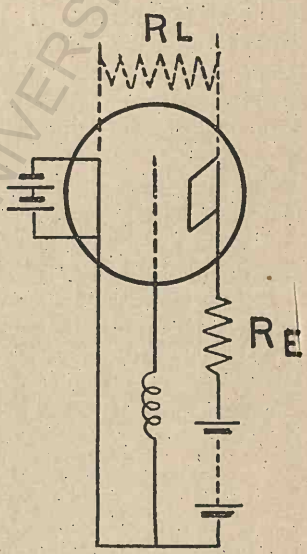


Fig. 145. — Trioda cu sarcină (rezistenţa exterioară R_E).

Caracteristicele astfel modificate se numesc *caracteristici dinamice*, în deosebire de caracteristicele statice considerate mai sus, când lampa funcţiona în gol, adică fără sarcină în circuitul anodic.

Sarcina reduce panta şi factorul de amplificare. Aşadar caracteristicele dinamice au o pantă mai mică şi un factor de amplificare mai mic,

Explicaţia e simplă: deşi tensiunea de alimentare rămâne constantă tensiunea la placa lămpei variază şi această tensiune variază cu intensitatea curentului ce trece prin lampă.

Rezistenţa lămpii rămâne constantă în curent alternativ (inclinaţia porţiunii drepte din fig. 144), dar rezistenţa momentană a lămpii variază în timpul funcţionării (inclinaţia dreptelor R_A şi R_B din fig. 129) şi astfel variază implicit şi intensitatea curentului ce trece prin lampă. Dar în aceeaşi măsură variază şi pierderea de tensiune în R_E. Această pierdere de tensiune este dată de legea lui Ohm, şi este egală precum am văzut cu $I\,R_E$.

Deci tensiunea care rămâne la anodă este egală cu tensiunea bateriei de placă *minus* $I\,R_E$.

Această tensiune anodică variabilă, care scade când creşte curentul are ca efect reducerea pantei.

Prin urmare când avem un curent mare în lampă şi implicit şi în rezistenţa exterioară R_E, tensiunea care rămâne la anodă este foarte mică. Avem adică un efect antagonist care reduce amplificarea. De altfel această concluzie poate fi trasă şi din definiţia pantei:

$$\text{panta} = \frac{\text{factorul de amplificare}}{\text{rezistenţa interioară a lămpii}}$$

şi dacă la rezistenţa lămpii R_L se adaugă rezistenţa exterioară R_E, evident că panta va deveni mai mică:

$$\text{panta} = \frac{\text{factorul de amplificare}}{R_L + R_E}$$

Pentru a fixa ideile printr'un exemplu numeric, panta scade la jumătate când rezistenţa exterioară este egală

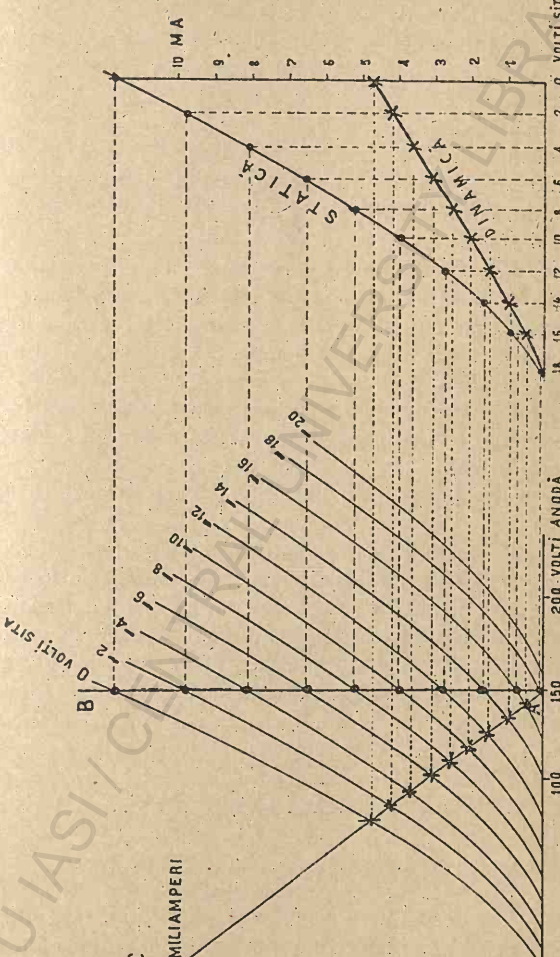


Fig. 116. — Determinarea caracteristicei statice şi dinamice

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cu rezistenţa interioară, şi pe măsură ce rezistenţa interioară creşte, panta scade.

Rezultatul exact se poate deduce dintr'o construcţie grafică foarte simplă (fig. 146). Pornim dela caracteristicele curent anodic — voltaj anodic, reprezentate în partea stângă a figurii.

Considerăm întâi funcţionarea lămpii în gol, să zicem la 150 volţi. Anoda rămâne în acest caz la un voltaj constant de 150 volţi şi ca atare funcţionează pe verticala *A B* care reprezintă acest voltaj.

Din întretăierea acestei verticale cu caracteristicele lămpii la diferitele tensiuni de sită, construim foarte uşor caracteristica curent anodic — voltaj sită, care e reprezentată în partea dreaptă a figurii. Obţinem astfel *caracteristica statică.*

Să adăugăm acum o rezistenţă de 15.000 ohmi în circuitul anodic. Caracteristica acestei rezistenţe e dată de dreapta $A\,C\left(\frac{150}{0{,}01} = 15.000 \text{ ohmi}\right)$, care reprezintă pierderea de tensiune în rezistenţă pentru diferiţi curenţi. Fiind vorba de o pierdere de tensiune, dreapta a fost dusă în regiunea negativă (la stânga lui zero) în deosebire de dreptele care pornesc la dreapta lui zero şi dau relaţia între tensiunea aplicată şi curentul rezultant (fig. 128).

Acum lampa trebue să satisfacă şi această dreaptă şi ca atare vom trasa caracteristica voltaj sită — curent anodic, pornind dela intersecţiile caracteristicelor cu dreapta *A C.* Obţinem astfel *caracteristica dinamică* care satisface atât caracteristica rezistenţei ohmice cât şi caracteristicele lămpii.

Precum se vede, caracteristica dinamică, are o pantă mai mică decât caracteristica statică.

Când sarcina nu este pur ohmică şi constă dintr'o impedantă, atunci lampa nu mai funcţionează pe o dreaptă care întretaie caracteristicele ci pe o elipsă (fig. 147).

Amplificarea disponibilă, este întotdeauna mai mică decât factorul de amplificare al lămpii.

Şi aceasta se poate arăta foarte uşor. Să considerăm întâi lampa şi circuitul echivalent (fig. 148). Rezistenţa interioară a lămpii este înlocuită printr'o rezistenţă ohmică R_L iar voltajul V_S ce se aplică pe sită, devine în cazul circuitului echivalent $k\,V_S$, «k» fiind factorul de amplificare al lămpii. Aplicând legea lui Ohm găsim intensitatea curentului a cărui valoare este exprimată în fig. 148.

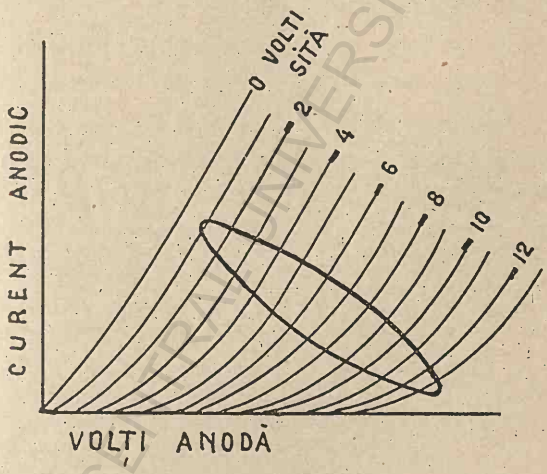


Fig. 147. — Funcţionarea lămpii pe o sarcină reactivă

De notat că această reprezentare se referă numai la tensiuni şi curenţi variabili, şi nicidecum la valorile mijlocii de funcţionare.

Să adăugăm acum sarcina, rezistenţa R_E şi să reprezentăm circuitul echivalent (fig. 149). Procedând ca înainte găsim întâi intensitatea curentului şi aplicând din nou legea lui Ohm, găsim diferenţa de potenţial E la bornele

rezistenței exterioare. Se vede imediat că diferența de potențial disponibilă este mai mică decât factorul de amplificare « k » întru cât acesta se înmulțește cu fracția subunitară

$$\frac{R_E}{R_E + R_L}$$

fracție ce poate deveni unitară numai în cazurile limită — practic irealizabile, — când rezistența interioară este zero, sau rezistența exterioară infinită.

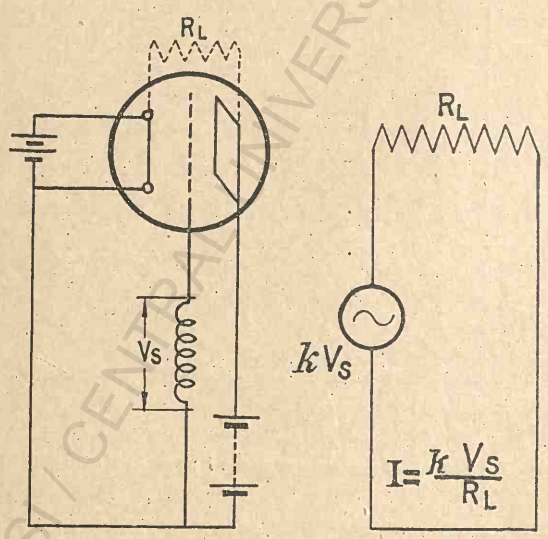


Fig. 148. — Circuitul echivalent al triodei

Fig. 150 arată cum variază amplificarea utilă când variază raportul între rezistența lămpii și rezistența exterioară.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

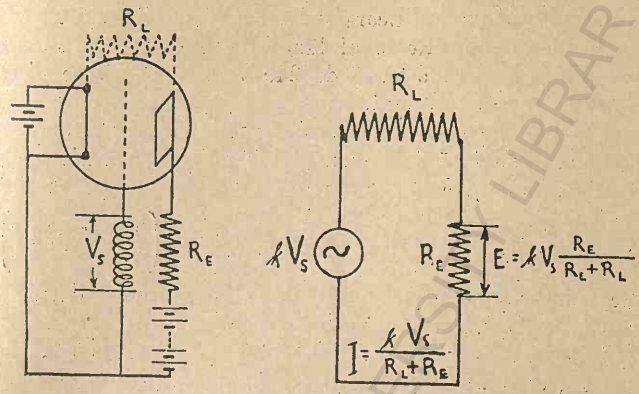


Fig. 149. — Circuitul echivalent al triodei în sarcină

Rezistența exterioară nu poate fi prea mare întru cât produce o prea mare pierdere de voltaj. Așa de exemplu

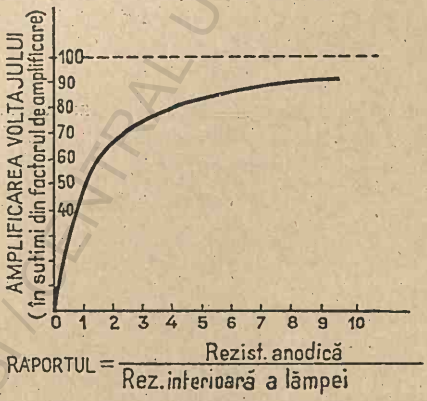


Fig. 150. — Varația amplificării utile în raport cu valoarea sarcinei

dacă placa trebue alimentată la 120 V și punem o rezistență exterioară egală cu rezistența interioară a lămpii

(care ne dă o amplificare utilă egală cu jumătate din factorul de amplificare al lămpii) atunci trebue să alimentăm placa cu o sursă de 240 V, căci 120 V se pierd în rezistența exterioară.

Dar precum vom vedea mai departe, rezistența ohmică din cazul de față se înlocuește de obiceiu printr'un circuit oscilant și atunci diferența de potențial pe sarcină (la rezonanță) e dată de rezistența dinamică $\left(\frac{L}{CR}, \text{Cap. IV}\right)$, pe când scăderea tensiunii de alimentare e determinată de rezistența ohmică a bobinei, care este neglijabilă. Cu alte cuvinte, deși avem o rezistență atât de mare (rezistența dinamică), tensiunea de alimentare nu este redusă aproape de loc.

CAPITOLUL XIII

LĂMPILE CU 4 ȘI 5 ELECTROZI, LĂMPILE CU PANTĂ VARIABILĂ

Lampa cu trei electrozi stă la baza tuturor lămpilor de radio. Lămpile mai complexe nu sunt decât perfecționările triodei, obținute prin adăugarea unor site suplimentare.

Funcțiunile sitelor

Sitele suplimentare pot îndeplini trei funcțiuni fundamentale (fig. 151):

1. *Reducerea încărcăturii spațiale*, așa încât lampa poate funcționa cu o tensiune anodică mai mică. Acestea sunt lămpile bigrile, puțin întrebuințate astăzi. Nu ne oprim asupra lor.

2. *Formarea unui ecran electrostatic*, prin care se suprimă aproape complet efectul plăcii asupra curentului de placă

şi în al doilea rând se suprimă cuplajul capacitiv între sită şi placă, şi implicit cuplajul între circuitele legate de aceste elemente.

3. *Oprirea emisiunii electronice secundare de pe anodă.* Prin bombardamentul electronic anoda emite electroni secundari care stingheresc funcţionarea lămpii după cum vom vedea îndată.

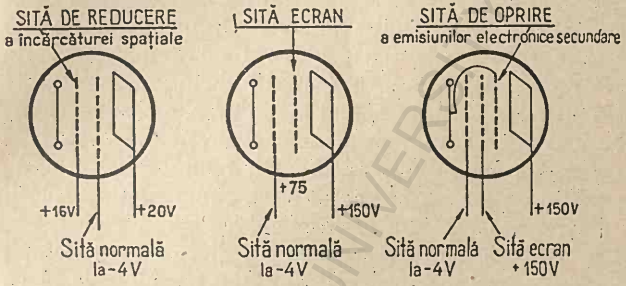


Fig. 151. — Funcţiunile diferitelor site

Lampa cu sită ecran, tetraoda

Aceasta constitue doar stadiul intermediar între triodă şi pentodă, care a înlocuit-o aproape complet.

Tetraoda are o sită-ecran între sita de comandă şi anodă (fig. 151). Această sită trebue să îndeplinească două condiţii:

1. Să fie pusă la pământ, căci numai astfel constituie un ecran eficace, şi

2. Să fie la un potenţial ridicat pentru a atrage electronii, căci atracţia anodei nu se poate exercita dincolo de ecran.

Aceste două condiţii în aparenţă contradictorii pot fi uşor satisfăcute prin faptul că este vorba de curent alternativ. Punerea la pământ se poate face în acest caz nu

prin contact direct ci printr'un condensator mai mare, aşa încât sita-ecran poate să-şi menţină potenţialul pozitiv ridicat ce i se aplică. Bineînţeles că anoda trebue să fie la un potenţial şi mai ridicat decât sita-ecran, căci numai astfel se poate închide circuitul anodic (altfel electronii s'ar scurge prin sita devenită anodă).

Funcţionarea lămpii este simplă. Curentul anodic este determinat aproape exclusiv de potenţialul sitei de comandă şi de potenţialul sitei-ecran. Influenţa plăcii este cu totul redusă aşa încât factorul de amplificare este foarte mare. Amintim că factorul de amplificare este raportul între variaţia potenţialului anodic şi a potenţialului de sită care produce aceeaşi creştere, — sau descreştere — a curentului anodic. In fond coeficientul de amplificare exprimă ecranajul sitei, sau neputinţa plăcii de a influenţa curentul electronic.

Din cele de mai sus rezultă că şi rezistenţa lămpii este foarte mare, întru cât variaţia tensiunii de placă nu are decât o influenţă cu totul redusă asupra curentului.

Intr'adevăr lămpile cu sită-ecran au factori de amplificare de câteva sute sau chiar câteva mii, dar amplificarea utilă e mult mai mică întru cât şi rezistenţele interioare sunt de sute de mii de ohmi, sau chiar de câţiva megohmi.

Panta are însă cam aceleaşi valori ca la triode, în jurul a 1 MA/V, sau mai mult.

Capacitatea sită-anodă este precum am arătat din capul locului foarte redusă, cam 0,003 $\mu\mu F$ sau chiar 0,001 $\mu\mu F$ faţă de 6—8 $\mu\mu F$ cât găsim la trioda obişnuită.

Caracteristica lămpii este dată în fig. 152 iar fig. 153 arată cum este influenţată această caracteristică de potenţialul sitei-ecran. De notat că aspectul caracteristicelor nu se deosebeşte de al triodelor.

In schimb caracteristica voltaj anodic, curent anodic, este diferită (fig. 154). Cotul B se explică prin emisiunea

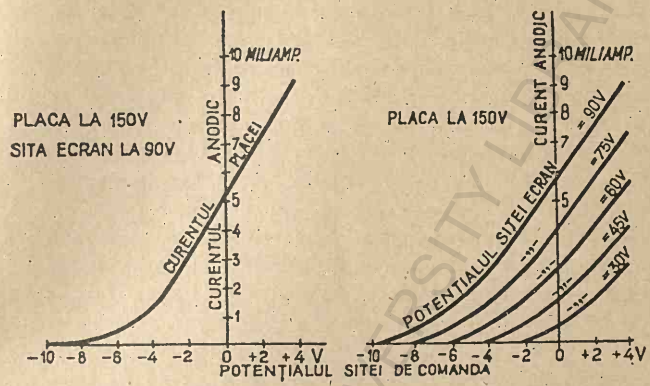


Fig. 152. şi 153. — Caracteristicele sită anodă ale tetraodei la diferite tensiun ale ecranului

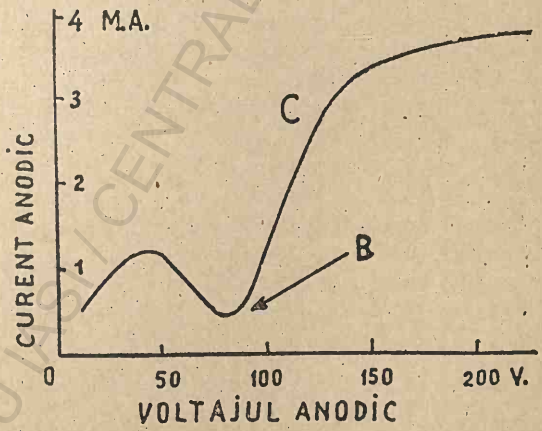


Fig. 154. — Caracteristica anodică a tetraodei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

electronică secundară [1]) care vine dela placă. In cazul unei triode, emisiunea electron că secundară n'are pe unde să se scurgă, întru cât sita este sau negativă sau foarte puțin pozitivă. Dar în cazul de față, avem în apropierea anodei sita-ecran care este la un potențial destul de ridicat pentru a atrage și a scurge electronii. Apare așa dar un contra-curent dela placă la sita-ecran care se scade din curentul anodic. Acest contra-curent e neînsemnat de mic la începutul curbei fiindcă potențialul plăcii e redus, viteza electronică e mică și deci neîndestulătoare pentru a desprinde electronii. Ridicând însă potențialul plăcii emisiunea electronică secundară crește și poate depăși emisiunea primară. Atunci curentul anodic scade cum se vede în fig. 154 și poate chiar să se inverseze, punctul « *B* » putând trece dincolo de zero.

Dacă potențialul se ridică și mai mult, bombardamentul electronic devine tot mai violent, emisiunea secundară crește, dar nu se mai duce la sita-ecran ci recade pe placă, întru cât aceasta este mult mai pozitivă decât sita.

Din cauza cotului din caracteristică, funcționarea lămpii este stabilă numai dincolo de punctul *C*, ceea ce restrânge întrebuințarea ei. Cu alte cuvinte nu se pot aplica semnale de prea mare amplitudine.

Fig. 155 a reprezintă montarea lămpii cu sită-ecran.

Pentoda

In această lampă se suprimă cotul *A B C* al tetraodei prin adăugarea unei site de oprire. Aceasta împiedecă scurgerea emisiunii secundare prin sita-ecran. Sita de oprire este legată de filament, de obiceiu chiar în interiorul lămpii.

---

[1]) Prin « emisiune electronică secundară » se înțelege emisiunea electronică produsă de bombardamentul electronic.

In cazul de față, electronii cari sosesc pe placă desprind prin izbire alți electroni cari formează emisiunea secundară.

Fig. 155 b reprezintă montarea pentodei.

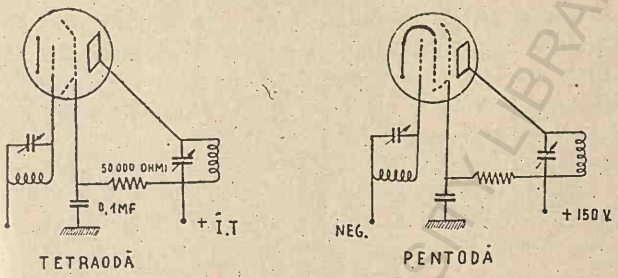


Fig. 155. — Cum se montează o tetraodă şi o pentodă

Fig. 156 rezumă cele de mai sus.

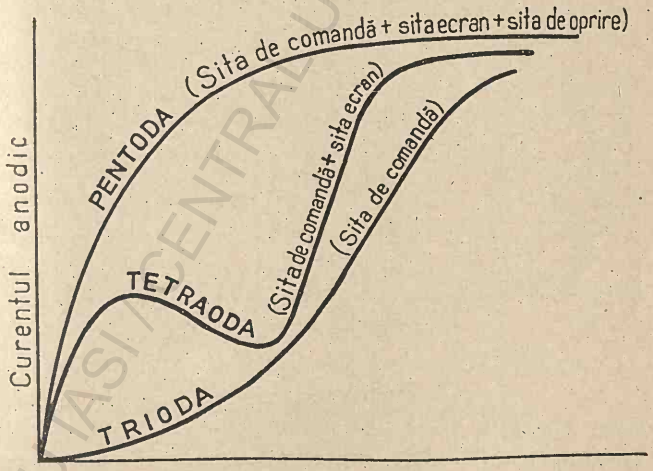


Fig. 156. — Caracteristica anodică a diferitelor lămpi (relaţia între potenţialul anodic şi curentul anodic)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lămpile cu pantă variabilă

Când o lampă amplifică, i se negativează sita în așa fel încât funcționează pe porțiunea dreaptă a caracteristicei. Amplificarea obținută depinde de panta lămpii care este fixă, întru cât chiar dacă schimbăm potențialul anodei, curbele caracteristice au porțiunile drepte aproape paralele (fig. 144).

Dacă însă sita de comandă este formată din două porțiuni, o jumătate mai deasă, și a doua jumătate mai puțin deasă, lampa va căpăta caracteristica din fig. 157.

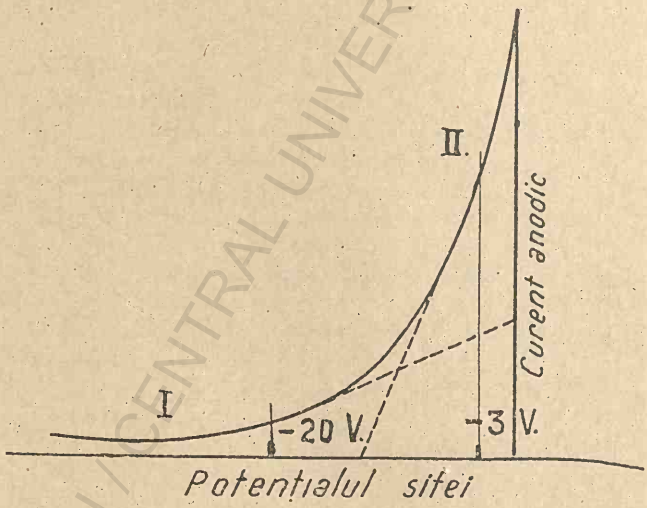


Fig. 157. — Caracteristica unei lămpi cu două site diferite, montate în prelungire

Avem de fapt două caracteristice I și II, adică două pante diferite. Dacă negativarea permanentă a sitei este de exemplu de —20 V suntem pe caracteristica I, iar dacă negativarea permanentă a sitei este de —3 V, trecem

pe caracteristica II. Putem obţine aşa dar două amplificări deosebite, parcă am schimba lampa.

Dacă însă desimea sitei este continuu variabilă (fig. 158) atunci vom obţine o infinitate de caracteristice care

Fig. 158. — Cele două feluri de site

prin contopire dau curba din fig. 159. Aşa dar porţiunea

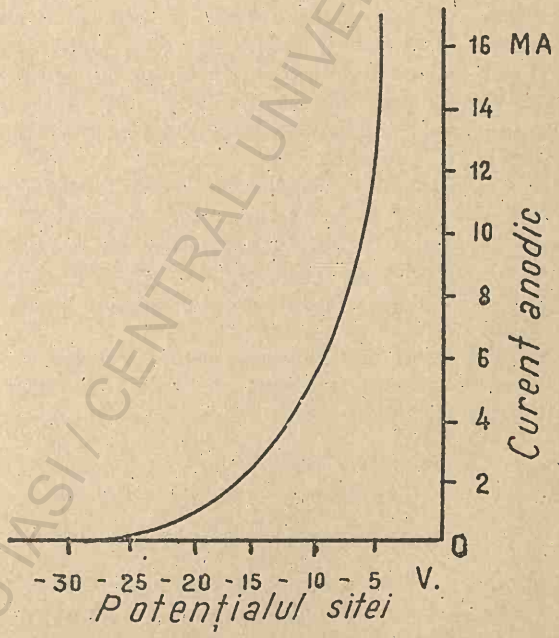


Fig. 159. — Caracteristica lămpilor cu pantă variabilă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dreaptă a caracteristicei ce o prezintă lămpile obişnuite a fost înlocuită printr'o curbă cu panta continuu variabilă. După negativarea ce se dă sitei putem obţine diferite amplificări.

Cetitorul se va întreba poate de ce e nevoie de aceste lămpi speciale, de vreme ce şi lămpile obişnuite au o porţiune a caracteristicei care este asemănătoare, şi anume în cotul de jos. Acest cot este însă neîncăpător în sensul că este cuprins într'o variaţie foarte mică de potenţial, cam 1 V sau nici atât, pe când în lampa cu panta variabilă cotul se întinde pe zeci de volţi. Dacă semnalele normale ar fi de exemplu de sutimi de volţi s'ar putea obţine amplificări variabile cu o simplă triodă aplicând negativări mijlocii foarte precise pe sita de comandă. Dar în practică avem fluctuaţii de voltaj mult mai mari, aşa încât trebue să întrebuinţăm lămpi cu pantă variabilă. Aceste lămpi sunt de obiceiu pentode şi se reprezintă în scheme ca lămpile obişnuite cu singura deosebire că se taie cu o săgeată.

Lămpile cu pantă variabilă ar putea fi tetraode sau chiar triode, dar în acest din urmă caz nu s'ar putea obţine o variaţie de amplificare destul de mare. Putem spune că toate lămpile cu amplificare variabilă sunt pentode şi trebue să adăugăm că se întrebuinţează pe o scară din ce în ce mai întinsă.

Fig. 160 reprezintă montarea pentodei cu pantă variabilă pentru reglajul automat de volum cu întârziere, tratat mai departe.

CAPITOLUL XIV

LĂMPILE SPECIALE

Lămpi multiple

Lămpile speciale sunt foarte variate şi foarte numeroase. Ne vom ocupa numai de cele mai importante. Avem în primul rând lămpile combinate sau multiple.

Se montează două sau trei lămpi în acelaşi balon de sticlă şi se alimentează de obiceiu cu aceeaşi catodă: dioda dublă, trioda dublă, dubla diodă-triodă, etc. (fig. 161).

Prima parte a triodei duble poate deservi de exemplu două etaje de joasă frecvenţă în serie, sau de obiceiu în

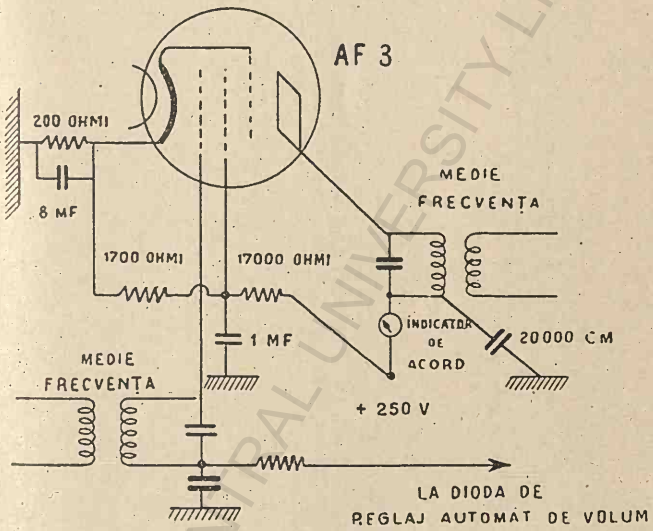


Fig. 160. — Montarea lămpei cu pantă variabilă

push-pull, iar dubla diodă-triodă poate îndeplini funcţiunea de detectoare pentru recepţie (o alternanţă) plus o triodă amplificatoare de joasă frecvenţă, iar a doua diodă (întrebuinţând cealaltă alternanţă) poate alimenta reglajul automat de volum.

Mergând mai departe în această ordine de idei a lămpilor combinate, trecem la hexodă, heptodă, şi octodă.

Toate aceste lămpi au o singură catodă, dar în deosebire de lămpile considerate la începutul capitolului, ele

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

sunt montate în serie (fig. 162). Cu alte cuvinte anoda primei lămpi (care nu este o placă ci o sită) constitue sursa de electroni, catoda, lămpii următoare. Dar pentru mai multă preciziune trebue să adăugăm că de fapt

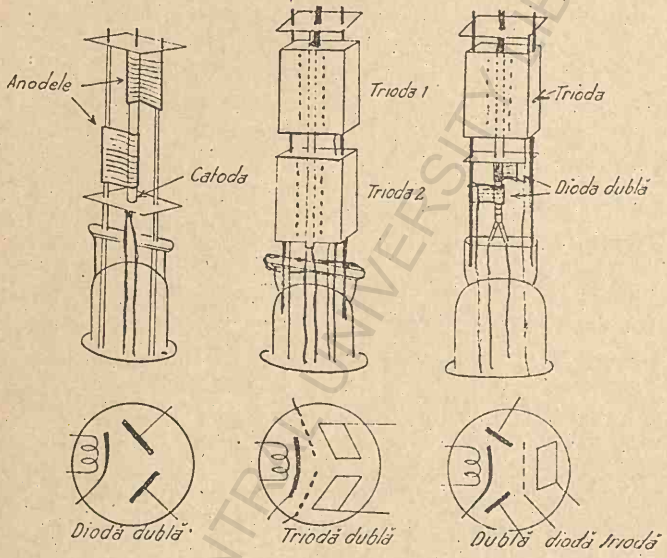


Fig. 161. — Lămpi multiple

catoda nu este formată chiar de anodă ci de norul de electroni care a trecut de anodă și se află între sita-ecran și sita de comandă.

Lămpile din această categorie se întrebuințează numai în montajele superheterodina, în care trebue să suprapunem o oscilație locală pe semnalul incident.

Hexoda. Fig. 162 primește semnalul pe sita Nr. 1 și oscilația locală pe sita Nr. 3. Oscilația locală este produsă de o triodă complet separată sau de o triodă mon-

tată în balonul hexodei şi în acest caz lampa se numeşte triodă-hexodă [1]).

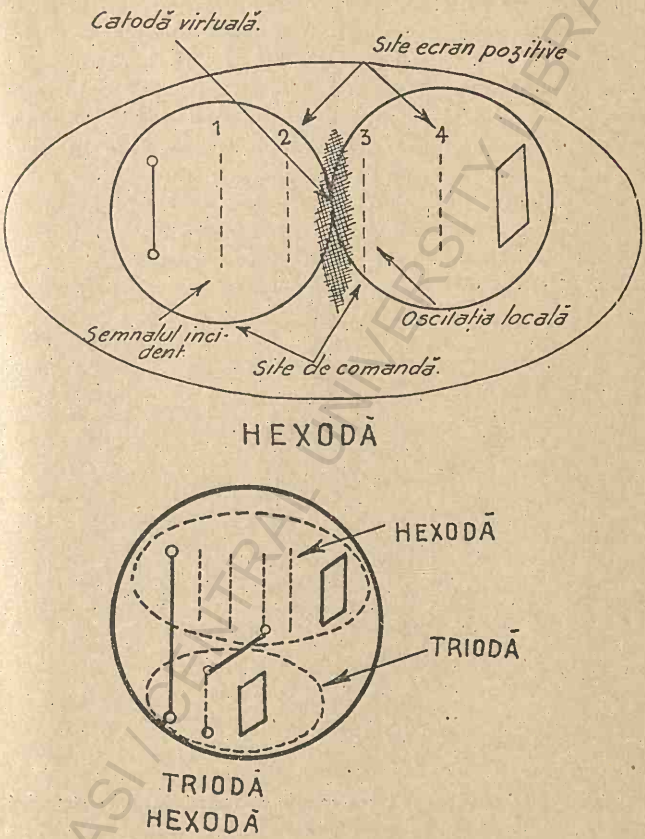


Fig. 162. — Hexodă

[1]) Printr'un anumit montaj se poate suprima trioda producând oscilaţia chiar în hexodă, dar această soluţie prezintă neajunsuri.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

A doua parte a hexodei constitue precum se poate vedea o tetraodă. Avem catoda virtuală, sita de comandă (3), sita-ecran (4) și anoda sau placa. Pentru a evita cotul din caracteristica tetraodei se adaugă o sită de oprire între sita (4) și placă ajungând astfel la heptodă. Dar această heptodă se prevede de obiceiu cu o triodă în interiorul balonului și se numește atunci «triodă-heptodă». Prin simpla denumire de heptodă, se înțelege în mod curent o altă lampă pe care o descriem mai jos.

Lămpile din această categorie nu pot fi montate cu reglaj automat de volum întru cât aceasta ar influența catodă virtuală într'atât, încât ar opri oscilațiile.

Fig. 163 ilustrează montajul hexodei.

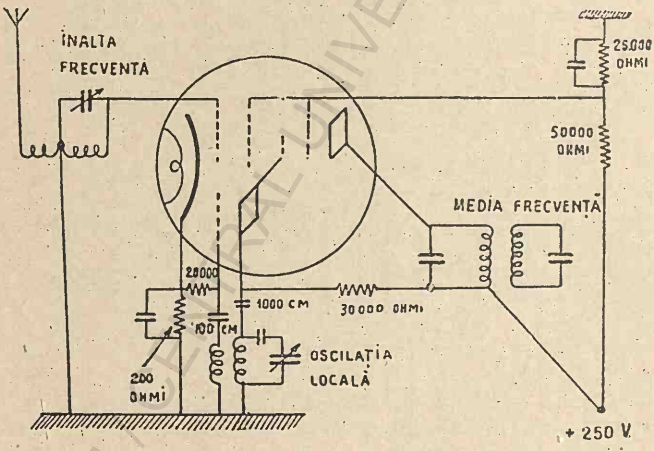


Fig. 163. — Montarea hexodei, cea mai bună lampă de superheterodină

Heptoda, își produce singură oscilația, fără ca să mai aibă nevoie de o triodă exterioară sau interioară.

Heptoda este formată dintr'o triodă oscilatoare și o tetraodă amplificatoare montate în serie (fig. 164).

Octoda, diferă de heptoda descrisă mai sus, numai prin adăugarea unei site-ecran între sita (5) şi placă. Astfel se transformă partea a doua a lămpii într'o pentodă.

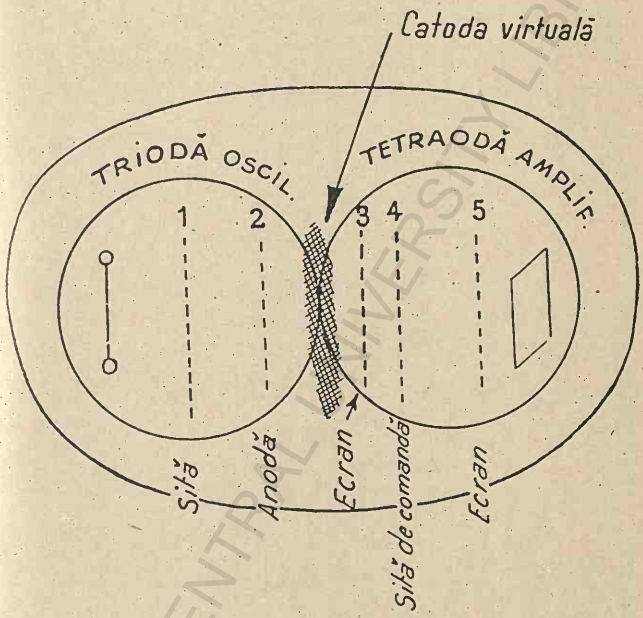


Fig. 164. — Heptodă

In toate lămpile de mai sus suprapunerea semnalelor se face prin fluctuaţiile din catoda virtuală care constitue un rezervor electronic continuu variabil. Iar curentul de placă depinde de această rezervă de electroni, şi de ce se petrece în a doua lampă. Se obţine aşa dar o suprapunere a oscilaţiei şi a semnalului pe cale pur electronică. N'avem nici cuplaj prin inductanţă nici prin capacitate, nici prin rezistenţă. Cuplajul electronic men-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ține independența circuitelor și îmbunătățește mult superheterodina.

Fig. 165 reprezintă montarea octodei.

Lămpi cu fascicole electronice

In toate lămpile considerate până aci, emisiunea electronică era mai mult sau mai puțin uniformă de-a-lungul și în jurul catodei.

In ultimul timp au apărut însă lămpi în care electronii sunt grupați în fascicole. Astfel se pot obține importante

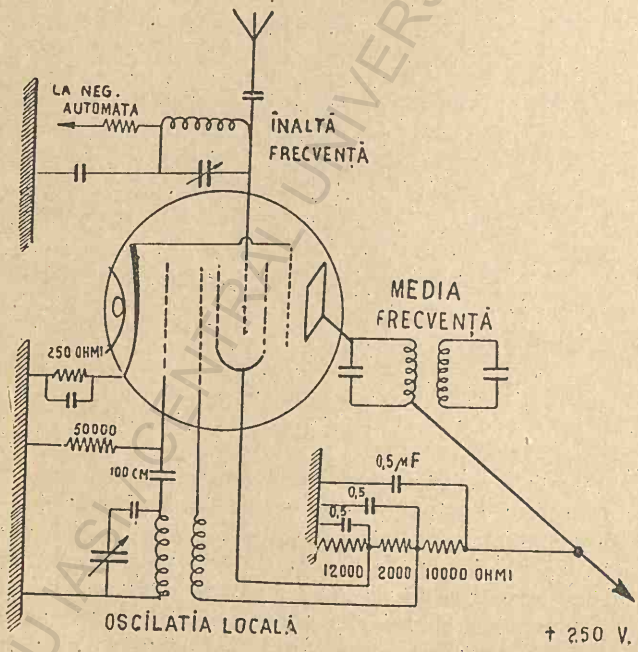


Fig. 165. — Montarea octodei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

îmbunătățiri: reducerea consumației de înaltă tensiune, o importantă reducere a sgomotului de fond al lămpii, și în sfârșit perfecționarea lămpilor de superheterodine care produc amestecul (octodele).

Lămpile de acest tip se întrebuințează pentru amplificarea în înaltă frecvență, în joasă frecvență și ca lămpi de amestec pentru superheterodine, octode.

Lampa amplificatoare de înaltă frecvență diferă de lămpile obișnuite prin faptul că are o sită de deviație așezată între sita-ecran și sita de comandă (fig. 166). Sita de deviație este puțin negativă, iar spirele ei se află

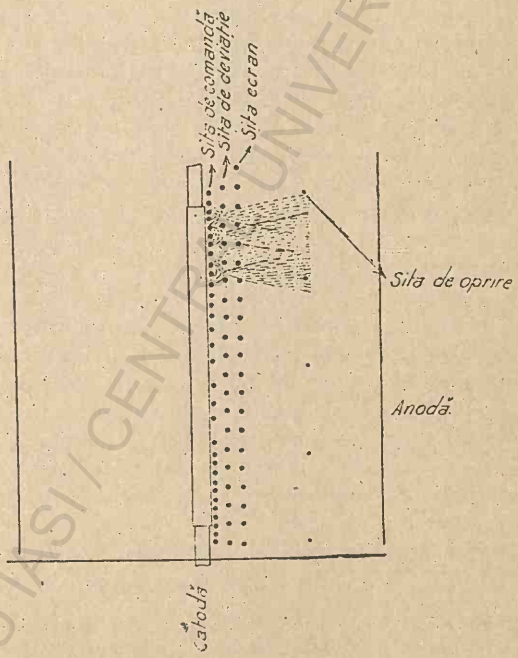


Fig. 166. — Lampă cu fascicole electronice

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

exact în dreptul spirelor sitei-ecran. Astfel electronii se strâng în fascicole pentru a ocoli sita de deviaţie şi fascicolele odată formate trec şi de sita-ecran care deşi pozitivă nu mai poate atrage decât foarte puţini electroni. Astfel se reduce în mod simţitor curentul sitei-ecran — cam la o zecime — ceea ce constitue o economie. Dar nu numai atât, prin reducerea curentului de sită-ecran se micşorează foarte mult sgomotul de fond al lămpii şi se obţine o audiţie mai curată, mai ales pe undele scurte şi cu semnale slabe [1]).

In lămpile de joasă frecvenţă fascicolele se obţin într'un mod mai simplu ca în fig. 166, fără sită de deviaţie. Se aşează doar spirele sitei de comandă exact în dreptul spirelor sitei-ecran şi astfel sita de comandă îndeplineşte rolul sitei de deviaţie. Această soluţie nu se poate aplica la lămpile de înaltă frecvenţă întru cât sita-ecran este mult mai deasă decât sita de comandă.

O altă aplicaţie a fascicolelor electronice este ilustrată în fig. 167 care reprezintă o tetraodă cu caracteristică de pentodă. Sita de oprire a emisiunii electronice secundare este înlocuită prin plăcile de deviaţie care sunt puţin negative. Sub influenţa acestor plăci electronii se îndreaptă spre anodă strânşi în două fascicole. Emisiunea electronică secundară a anodei este împiedecată de a se scurge la sita-ecran întru cât plăcile de deviaţie formează în prelungirea lor un fel de nor de electroni prin faptul că deplasarea lor este frânată în această regiune. Norul de electroni respinge emisiunea secundară.

Octoda cu fascicolele electronice înlătură defectele octodei obişnuite pe unde foarte scurte. Aceste neajunsuri sunt următoarele:

1. Desacordarea heterodinei prin negativarea sitei de comandă (4) adică prin reglajul automat de volum.

---

[1]) Sgomotul de fond al primei lămpi este cel care contează cu adevărat într'un aparat de recepţie, întru cât debitul primei lămpi este amplificat cel mai mult.

Intr'adevăr, negativarea sitei (4) face să varieze sarcina spațială și implicit capacitatea dintre catodă și S_1, S_2, precum și panta oscilatoarei.

2. Cuplaje capacitive parazite între sitele (1) și (4) (fig. 166). Octoda din fig. 168 împarte emisiunile electronice

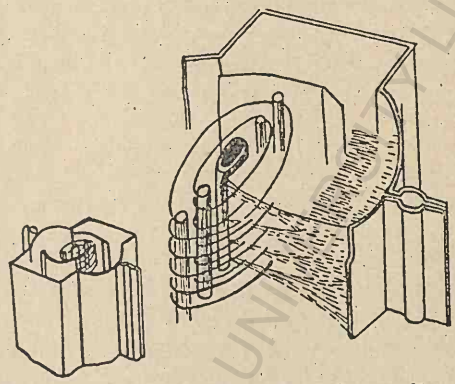


Fig. 167. — Tetraodă cu caracteristică de pentodă

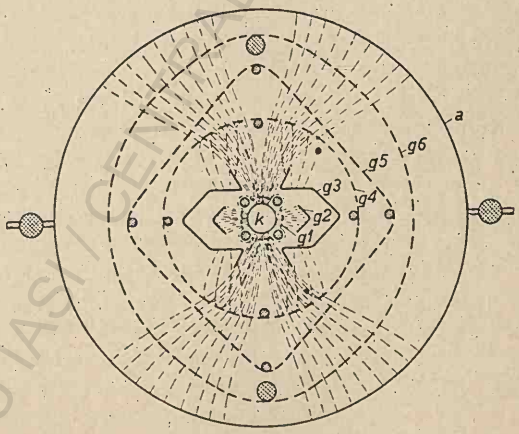


Fig. 168. — Octodă cu fascicole electronice

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în patru fascicole: două alimentează oscilatorul format din K, g_1, g_2, iar alte două fascicole alimentează catoda amplificatoare (g_4, g_5, g_6).

Prin construcția ecranului g_3, electronii cari se întorc dela g_4 nu mai pot influența sarcina spațială a oscilatorului, pentru simplul motiv că nu mai ajung în oscilator și se opresc pe exteriorul ecranului g_3 precum se vede în figură. De asemenea capacitatea g_1, g_4 este de fapt suprimată prin noua așezare a electrozilor.

Lămpile care amplifică prin emisiune electronică secundară

Până aci am considerat numai un singur mecanism de amplificare, prin comanda electrostatică a sitei.

Trecem acum la un mecanism de amplificare cu totul diferit, bazat pe emisiunea electronică secundară.

Am arătat în capitolul XIII că bombardamentul electronic produce o emisiune electronică secundară care poate ajunge până la de 10 ori intensitatea bombardamentului primar. Ca și în cazul sitei electrostatice nu avem un câștig de energie ci numai posibilitatea de a elibera cantități mari de energie dintr'o sursă locală. Intr'adevăr deși emisiunea electronică secundară este mai bogată decât cea primară, electronii emiși sub influența bombardamentului au o viteză mai mică și pentru a le mări energia se accelerează prin atracția unei plăci pozitive legată de o sursă de înaltă tensiune.

Amplificarea prin emisiune electronică secundară este foarte întrebuințată în televiziune [1]) dar în lămpile de radio n'a apărut decât de curând. Iată de ce: în televiziune, punctul de plecare este o suprafață foto-emisivă, adică o suprafață care emite electroni sub influența luminii. In lămpile de radio, punctul de plecare este o suprafață termo-emisivă, care emite prin urmare electroni

[1]) Amănunte în lucrarea mea « Televiziune ».

prin încălzire. Dar în acest din urmă caz, emisiunea electronică este însoțită de o emisiune ionică, adică de molecule și atomi electrizați negativ.

Avem așa dar și un transport de materie, care se depune pe suprafața de emisiune electronică secundară, o acoperă și îi reduce foarte mult proprietățile emisive.

Pentru a înlătura acest neajuns, s'a recurs la un filtraj electric. Fig. 169 reprezintă o secțiune prin tr'o lampă de radio construită pe acest principiu.

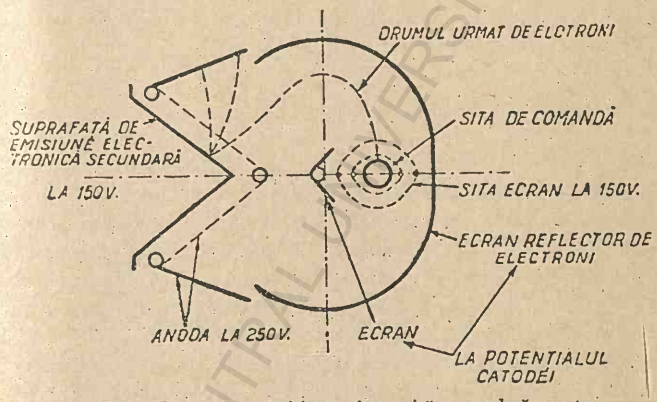


Fig. 169. — Lampă cu emisiune electronică secundară pentru amplificare suplimentară

Suprafața de emisiune electronică secundară este ferită de bombardamentul direct al catodei prin cele două ecrane. Electronii însă pot ajunge la suprafața de emisiune secundară fiind canalizați prin câmpuri electrostatice potrivite. Dar drumul electronilor nu poate fi urmat de ioni întru cât au o masă diferită și astfel sunt înlăturați. Mulțumită acestui filtraj electric, suprafața care produce emisiunea electronică secundară e atinsă numai de electroni și astfel nu-și pierde proprietățile emisive.

Lampa de faţă este precum se vede o lampă cu sită-ecran, — o tetraodă, — completată cu dispozitivul de emisiune electronică secundară prin care se înmulţeşte amplificarea ei normală cu 5. Aşezarea anodei în formă de sită în imediata apropiere a suprafeţei de emisiune secundară permite funcţionarea cu tensiuni mai reduse.

Lampa aceasta constitue doar un început, căci în această direcţie se va putea merge mult mai departe. Astfel prin întrebuinţarea unor tensiuni mai ridicate se vor putea înmulţi etajele de amplificare prin emisiune electronică secundară într'o aceeaşi lampă, întocmai ca în amplificatorii de televiziune (descrişi în lucrarea citată mai sus).

Magnetronul

Magnetronul este o lampă care se deosebeşte fundamental de toate lămpile considerate până aci. Curentul anodic nu este comandat de un câmp electrostatic ci de un câmp magnetic, de unde şi numele lămpii. Lampa este formată numai din filament şi anodă, iar sita care lipseşte este înlocuită printr'un bobinaj exterior parcurs de un curent ce produce câmpul magnetic de comandă (fig. 170). Dacă avem un curent slab, câmpul magnetic va fi de asemenea slab, iar electronii vor călători în linie dreaptă dela filament

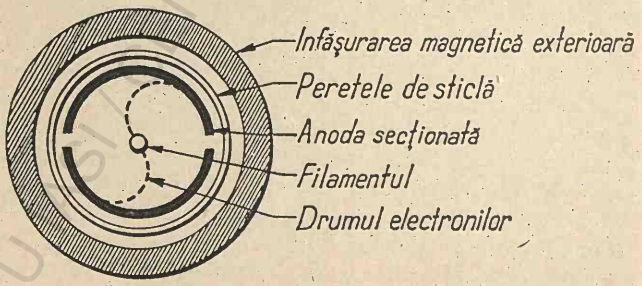


Fig. 170. — Magnetronul

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

la anodă. Dar de îndată ce câmpul magnetic creşte, influenţează electronii exercitând o forţă perpendiculară pe direcţia lor de deplasare, aşa încât electronii încep să descrie o spirală în jurul filamentului. Această spirală se desfăşoară spre placă sau se strânge spre filament când intensitatea câmpului trece de o anumită limită. In felul acesta se poate întrerupe curentul anodic ca şi prin negativarea sitei unei triode obişnuite.

Magnetronul prezintă interes ca oscilator şi vom reveni asupra lui în capitolul XXIV.

Indicatorul de acord

Sgomotele cari însoţesc căutarea unui post şi lipsa de preciziune a acordului — mai ales când receptorul e prevăzut cu reglaj automat de volum, — se pot înlătura prin indicatorul de acord care este format de obiceiu din aşa zisul « ochiu magic », sau « treflă catodică ».

Figura 171 reprezintă ochiul magic, care are aspectul unei lămpi de radio şi se montează orizontal, cu partea superioară a lămpii pe paneul aparatului de recepţie. Lampa apare astfel ca în fig. 172.

Construcţia interioară a indicatorului este reprezentată schematic în fig 173 *a*. Avem în primul rând o triodă amplificatoare, a cărei sită este legată de dioda redresoarei. In acelaşi balon de sticlă, mai avem un tub catodic. Acesta este format din catoda triodei (prelungirea de sus, fig. 171) şi o placă în formă de pâlnie, acoperită cu o substanţă fluorescentă. Prin bombardamentul electronilor cari vin dela catodă, placa dă o lumină verzuie. Dar în calea electronilor se află o placă de deviaţie, dispusă radial faţă de catodă şi legată direct de anoda triodei. Placa deviază electronii mai mult sau mai puţin, după semnalul pe care-l primeşte, aruncând o umbră mai îngustă sau mai largă, după amplitudinea acestui semnal şi astfel indică acordul.

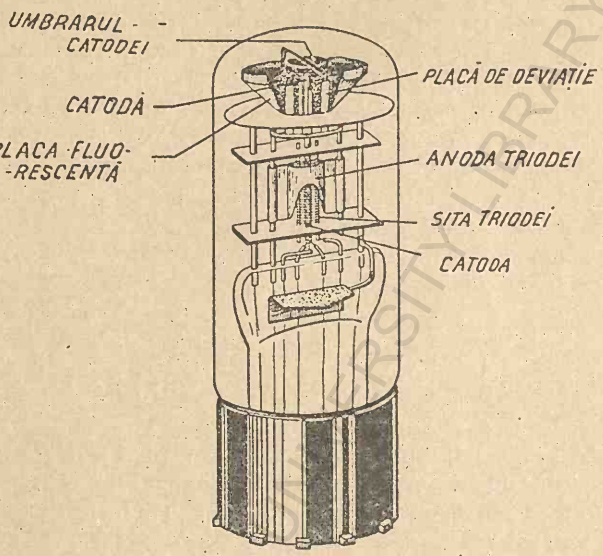


Fig. 171. — Indicatorul de acord, denumit « ochiul magic »

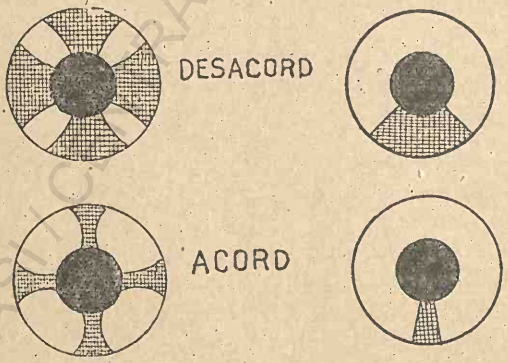


Fig. 172. — Aspectul celor două indicatoare de acord mai întrebuințate: « trefla catodică » și « ochiul magic »

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 173 *b* reprezintă unul din indicatoarele moderne de acord având în plus o sită care încetinește viteza electronilor. Viteza electronilor fiind redusă, deviația lor e mai ușoară și mai pronunțată. Indicatorul devine mai

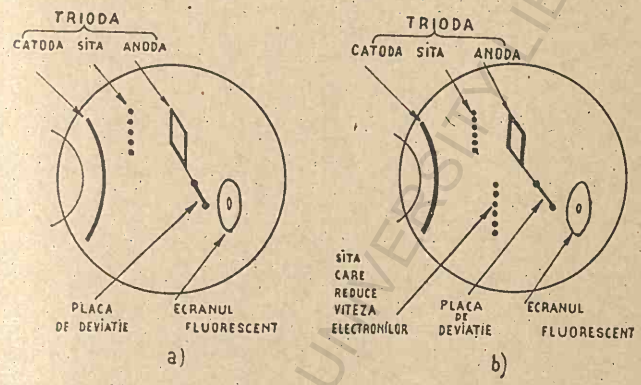


Fig. 173. — Ochiul magic, reprezentare schematică

sensibil. Fig. 174 dă schema de montare a acestui indicator.

Ochiul magic are o singură placă de deviație, iar trefla catodică are 4 plăci de deviație. Și într'un caz și într'altul acordul este obținut când zona de umbră e redusă la minimum.

Cu acești indicatori optici se poate vedea așa dar care este acordul corect și mai mult decât atât, se poate face acordul cu reglajul de volum redus la minimum, prin urmare fără sgomotul paraziților, cari însoțesc de obiceiu căutarea postului.

In ultimul timp au apărut indicatori de acord cari indică sensul și mărimea desacordului prin două linii luminoase de lungimi variabile, cari trebuesc aduse la nivel, sau cu o linie luminoasă care deviază la stânga și

la dreapta ca un arătător, și trebue adus la zero. Nu insistăm asupra lor căci sunt puțin întrebuințați.

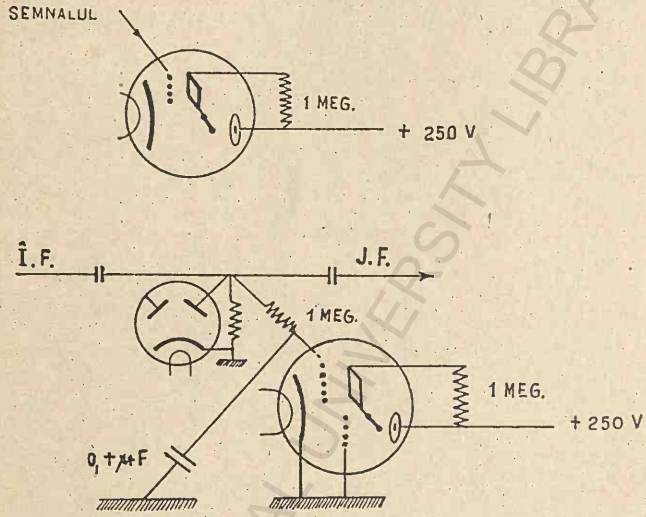


Fig. 174. — Montarea indicatorului de acord

LĂMPI STABILIZATOARE

Lămpi stabilizatoare de curent cu filament de fier în hidrogen (« Baretta »)

Filamentele lămpilor de radio trebuesc alimentate la un regim absolut constant. Cum însă atât rețeaua electrică prezintă în practică simțitoare variații de tensiune (mai ales rețelele de curent continuu) și cum pe de altă parte acumulatorii, și pilele mai ales, dau tensiuni foarte schimbătoare, s'a simțit nevoia de a compensa aceste variații.

Compensarea se făcea înainte, cu rezistențe variabile reglate manual, astăzi însă reglajul se face automat.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Un filament de fier în hidrogen îndeplineşte această funcţiune de regulator automat (fig. 175 *a*), întru cât are caracteristica reprezentată în fig. 175 *b* din care se vede că la mari variaţii de tensiuni (dela 10 la 60 volţi) menţine curentul constant (la circa 20 Ma.),

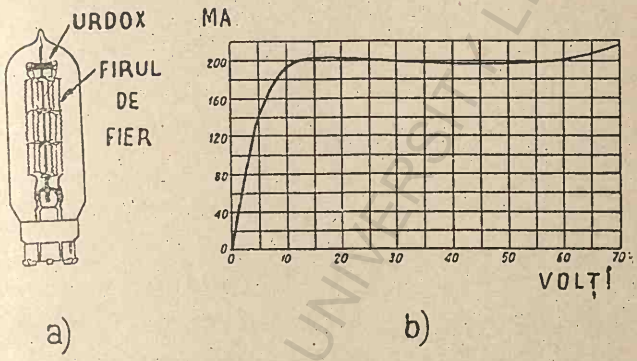


Fig. 175. — Lampa stabilizatoare de curent

Aşa dar firul de fier în hidrogen *nu* se comportă ca o rezistenţă ohimică obişnuită cu o caracteristică liniară (fig. 128).

Aceasta se explică prin faptul că rezistenţa sa creşte cu temperatura compensând astfel mărirea tensiunii prin mărirea rezistenţei.

Toate metalele îşi măresc rezistenţa cu creşterea temperaturii, fierul însă prezintă această proprietate într'o măsură mult mai mare, mai ales când trece de punctul Curie [1]).

Hidrogenul introdus în balon sub presiune redusă (vreo 10 mm de mercur) împiedecă oxidarea fierului şi pe de altă

[1]) Punctul Curie este temperatura a care fierul îşi pierde proprietăţile magnetice.

parte stăvilește scurgerea căldurii, mărind astfel și mai mult rezistența firului cu ridicarea tensiunii aplicate.

Această acțiune oarecum neașteptată a hidrogenului care e bun conducător de căldură, se explică prin faptul că scurgerile prin conductibilitate termică sunt mici față

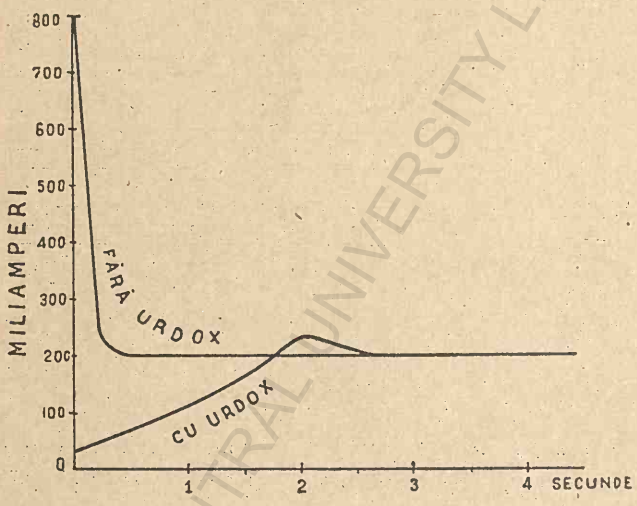


Fig. 176. — Caracteristica lămpei stabilizatoare de curent, cu și fără urdox

de pierderile de căldură prin radiație, care predomină (fiind proporționale cu a patra putere a temperaturii absolute, după legea lui Wien). Or hidrogenul reduce pierderile termice prin radiație.

Lămpile stabilizatoare de curent trebuesc alese pentru curentul și tensiunea cerută. Punctul de funcționare va cădea în mijlocul porțiunii drepte a caracteristicei (fig. 175 *b*).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aceşti stabilizatori se întrebuinţează la aparatele de sector de curent continuu. Lampa se schimbă după tensiunea nominală a sectorului.

Stabilizatorii se mai întrebuinţează la alimentarea aparatelor cu baterii sau acumulatori, dar nu întotdeauna întru cât consumă energie.

Stabilizatorii de curent se completează câteodată cu un semi-conductor denumit «urdox» (oxid de uraniu) care are o rezistenţă mai mare la rece decât la cald (de exemplu 2000 de ohmi la temperatura camerei şi 100 ohmi la 300° C), se comportă prin urmare invers ca fierul.

Urdoxul serveşte la suprimarea supracurentului care apare în filamentele lămpilor până la încălzirea lor (fig. 176). Acest supra-curent de scurtă durată poate arde becurile de scală care au o inerţie termică mai mică decât filamentele lămpilor de radio.

Stabilizatorii de curent cu sau fără urdox, se montează bineînţeles în serie cu sarcina.

Lămpi cu neon, stabilizatoare de tensiune

Lampa cu neon e formată din doi electrozi aşezaţi într'o atmosferă de neon la o presiune redusă (fig. 177).

Caracteristica acestei lămpi e dată în fig. 178. Se vede că lampa se aprinde la 100 volţi şi după aceea funcţionează pe o caracteristică dreaptă.

Se mai vede că pentru mari variaţii de curent, corespund mici variaţii de tensiune.

Dacă această lampă se montează ca în fig. 179, în serie cu o rezistenţă astfel aleasă ca lampa să funcţioneze la mijlocul caracteristicei (în cazul de faţă 20 Ma.), atunci sarcina este alimentată la o tensiune constantă. Dacă de exemplu creşte tensiunea de alimentare, creşte foarte mult curentul din lampa cu neon şi implicit curentul prin rezistenţa *R*, dar tensiunea la bornele sarcinii rămâne constantă. Lampa îndeplineşte cam aceeaşi funcţiune ca un acumulator tampon.

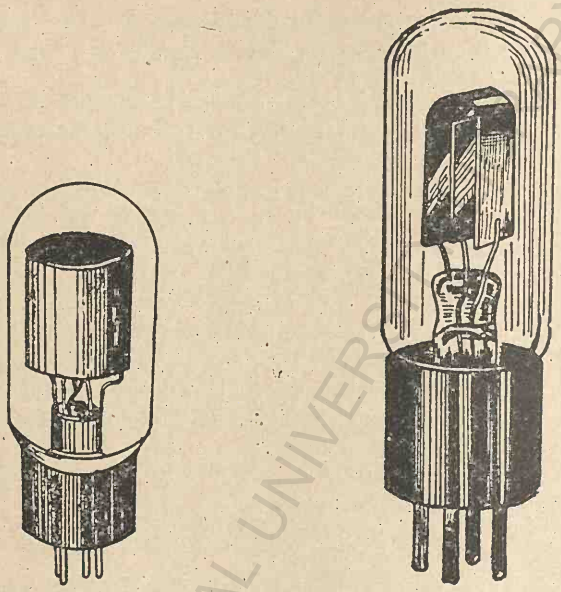


Fig. 177. — Lămpi cu neon

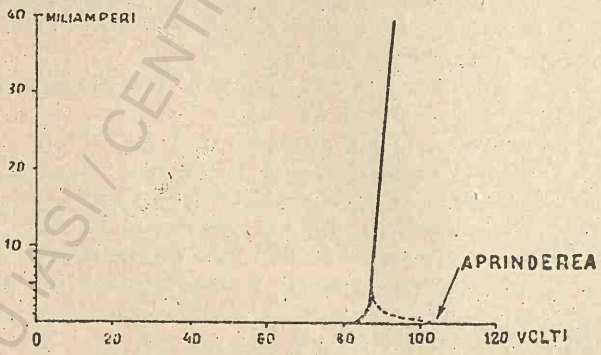


Fig. 178. — Caracteristica lămpei cu neon

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In practică se pot reduce variaţii de tensiune de 10% la alimentare, la variaţii mai mici de 1% pe sarcină.

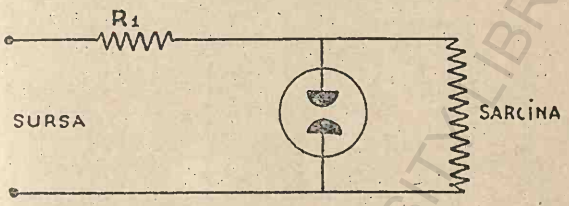


Fig. 179. — Montajul lămpei cu neon

Afară de lămpile cu doi electrozi, se mai construesc şi lămpi cu neon cu mai mulţi electrozi (fig. 180) cunoscute sub denumirea de « Stabilovolt », care sunt cele mai întrebuinţate.

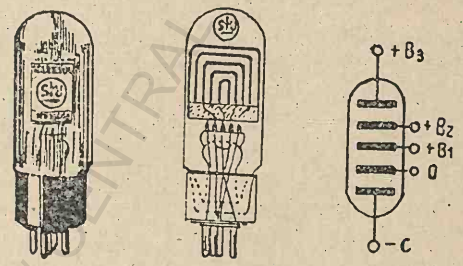


Fig. 180. — Lampă « Stabilovolt » cu funcţiune potenţiometrică

Această lampă este echivalentă cu mai multe lămpi montate în serie şi serveşte la luarea tensiunilor intermediare necesare în aparatele de recepţie pentru alimentarea diferitelor ecrane. E un fel de potenţiometru.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dacă sarcina se leagă între primul și penultimul electrod (în loc de ultimul electrod) se obține și o tensiune de negativare (fig. 180 bis).

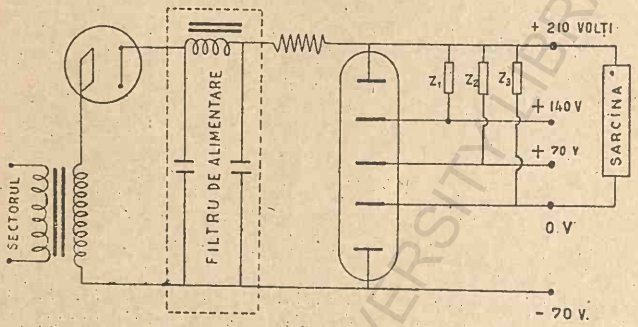


Fig. 180 bis — Montarea lămpei « Stabilovolt »

CAPITOLUL XV

CONSTRUCȚIA LĂMPILOR DE RADIO

Lampa de radio e un aparat de mare precizie.

Părțile componente se dimensionează la miimi de milimetri, elementele rare care intră în compunerea filamentului se dozează cu miligramele, iar vidul atinge a suta milioana parte din presiunea atmosferică.

Variatele și complicatele operații de fabricație se controlează în permanență până în cele mai mici amănunte, iar lămpile odată terminate se încearcă una câte una. Numărul acestor din urmă încercări variază după complexitatea lămpii și trece adeseori de zece.

Să considerăm acum diferitele părți ale lămpii de radio.

Catoda

Este izvorul de electroni și constă din:

1. Tungsten pur.
2. Tungsten toriat, sau

3. Un strat de anumiți oxizi (bariu, stronțiu sau calciu).

Electronii sunt emiși fie de un filament încălzit de curentul electric, *încălzirea directă*, — sau de un tub metalic încălzit de un filament central, *încălzirea indirectă*.

Lămpile cu încălzire directă au un randament mai bun, cu alte cuvinte consumă mai puțini wați, pentru a produce o anumită emisiune electronică, și ca atare se întrebuințează în aparatele alimentate cu pile sau acumulatori. Firul este montat de obiceiu în «*V*» sau în «*M*» (fig. 181) și este susținut de suporturi arcuite care îl mențin întins și după ce se dilată prin încălzire.

Lămpile de recepție au firul de nichel sau un aliaj de nichel, acoperit cu oxizi de stronțiu sau de bariu. Astfel se obține o emisiune electronică de 10 ori mai bogată decât cu vechile lămpi de radio al căror filament era făcut din tungsten pur și încălzit la o temperatură mult mai ridicată (2000° față de vreo 500—600° C). Filamentele cu oxizi de stronțiu și de bariu pot da până la aproximativ 100 Ma. de fiecare watt consumat pentru încălzire.

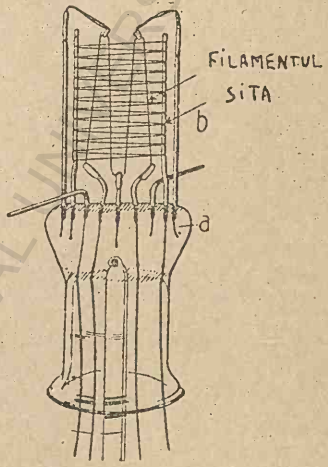


Fig. 181. — Filamentul unei lămpi cu încălzire directă (placa e scoasă)

Dar stratul de oxizi nu rezistă la tensiuni ridicate aplicate pe placă, așa încât dacă aceste filamente sunt excelente pentru lămpile de recepție, nu pot fi întrebuințate în lămpile de emisiune care lucrează cu 500—2000 Volți.

Acestea sunt prevăzute cu filamente de *tungsten toriat*, care se prepară disolvând 1 la sută oxid de toriu în tungsten topit. La încălzire, toriul metalic apare pe suprafața filamentului și mărește foarte mult emisiunea electronică.

Dar nici acest tip de filament nu rezistă la tensiuni mai mari de 2000 V. Pentru a putea lucra cu tensiuni ce depășesc această valoare se întrebuințează filamente de tungsten pur.

Lămpile cu încălzire indirectă sunt întrebuințate în aparatele de sector. Fig. 182 reprezintă firul de încălzire făcut din tungsten, materialul refractar care-l înconjoară (porțelan, etc.) — și tubul de nichel acoperit cu carbonat de bariu și de stronțiu care formează suprafața emițătoare de electroni, catoda.

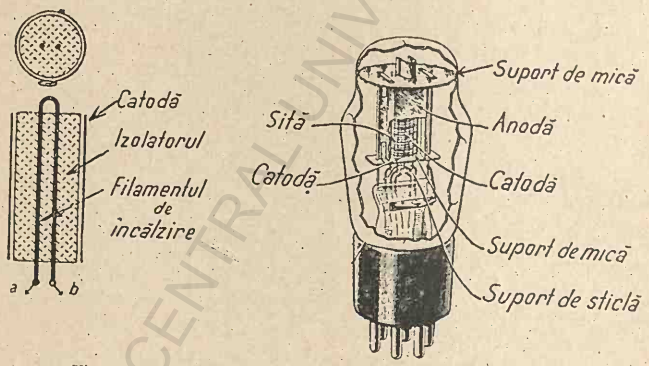


Fig. 182. — O catodă încălzită indirect, și interiorul lămpei

Lămpile moderne au o construcție ceva mai simplă: pe firul de încălzire de tungsten, care este înfășurat într'o dublă spirală, se depune prin stropire un strat de oxid de aluminiu care susține stratul emițător. Astfel se reduce consumul și inerția termică, — lămpile intră în funcțiune mai repede.

Lămpile cu încălzire indirectă considerate mai sus au o inerție termică destul de mare pentru a menține emisiunea electronică constantă cu toate variațiile instantanee ale curentului alternativ ce trece prin firul de încălzire. Dacă s'ar întrebuința emisiunea electronică a acestui fir ar apărea un sgomot de sector prin faptul că emisiunea electronică variază cu temperatura, adică cu valorile instantanee ale curentului. Totuși se întrebuințează câteodată și astfel de lămpi, dar atunci filamentul trebue să aibă o inerție termică destul de mare și trebue prevăzut cu o priză mediană (de obiceiu exterioară) pe care se închide circuitul sitei. Altfel sita ar primi fluctuațiile de voltaj dela un capăt al filamentului și ar produce un puternic sgomot de sector.

In lămpile cu încălzire indirectă se ia încă o precauțiune pentru a înlătura sgomotul de sector anume, se neutralizează câmpul magnetic produs prin trecerea curentului îndoind firul sau răsucindu-l (fig. 182).

Sitele și anodele

Acestea fac de obiceiu din nichel, un aliaj de nichel, fier, sau molibden.

Sita nu este formată dintr'o placă găurită sau o împletitură cum s'ar putea crede ci dintr'un simplu fir înfășurat în spirală la o oarecare distanță de filament [1]). Cu cât spirele sunt mai strânse și cu cât sunt mai apropiate de filament cu atât panta este mai mare.

Anoda ia de obiceiu forma unui cilindru turtit și se numește în mod curent «placă». Placa se încălzește prin bombardamentul electronic, dar această încălzire nu este prea mare în lămpile de recepție. In cazul lămpilor de emisiune însă, placa poate deveni incandescentă, ba mai mult chiar se poate topi. Ca atare ea trebue răcită. Răcirea

---

[1]) Această distanță variază, câteodată se reduce la zecimi de milimetri.

se face sau cu aer, — asigurând o circulaţie suficientă în jurul lămpii, — sau cu apă. In acest caz lampa se răceşte ca un motor cu explozie printr'o cămaşe de apă. Aceste lămpi mari au placa montată în prelungirea peretelui de sticlă (fig. 183), pentru a fi în contact direct cu apa de răcire. Ele se întrebuinţează în toate posturile de radiodifuziune. Se pot vedea la Radio-Bucureşti, şi la Radio-România (Bod-Braşov).

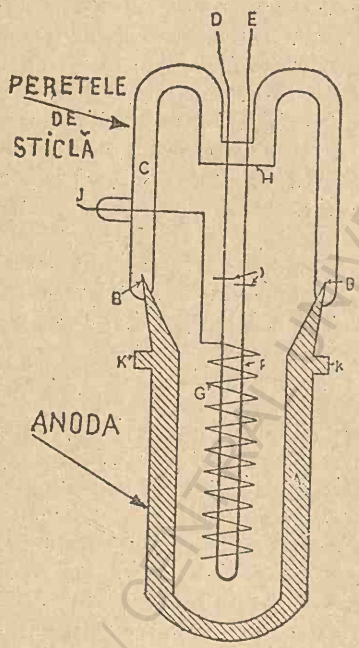


Fig. 183. — Lampă de emisiune cu anoda în prelungirea peretelui de sticlă, pentru răcire

In ultimul timp au apărut lămpi de câţiva kilowaţi răcite cu aer. Anoda este tot exterioară dar are o mare suprafaţă de răcire în jurul căre a circulă aer pus în mişcare de un ventilator (la Radio-Iaşi).

Invelişul

Sticlă. Lămpile de radio au de obiceiu un înveliş de sticlă, — poate o reminiscenţă dela lămpile de iluminat.

Invelişul de sticlă se completează adeseori cu un depozit de cărbune pe faţa interioară şi cu un depozit metalic pe faţa exterioară.

Depozitul de cărbune suprimă emisiunea electronică secundară a sticlei, care rezultă din bombardamentul electronilor emişi de catodă. Emisiunea electronică secundară

stinghereşte buna funcţionare a lămpii atât direct, cât şi indirect prin electrizarea sticlei. Sticla se electrizează pozitiv prin faptul că emite mai mulţi electroni decât primeşte.

Dar pe lângă efectele produse de electronii secundari emişi de sticlă, lampa mai poate fi influenţată şi de câmpuri exterioare, electrostatice sau magnetice, dacă nu este blindată. Blindajul acesta poate fi constituit sau dintr'un cilindru de metal care se aşează peste lampă, sau dintr'un depozit metalic pe balonul lămpii. Această din urmă soluţie e mai simplă. Depozitul metalic se acoperă cu un lac şi se leagă sau de catodă, sau direct de pământ.

Siliciu. Sticla începe să se moaie la 450° C, iar siliciul pe la 1500° C. Din această cauză se preferă siliciul sticlei pentru lămpile de emisiune care se încălzesc mult.

Dar lămpile de emisiune mai mari se încălzesc atât de mult încât ar topi şi baloanele de siliciu. Răcirea lor se face printr'un curent de apă care circulă în jurul anodei, precum am văzut mai sus (fig. 183). In acest caz partea cealaltă a balonului se face de obiceiu de sticlă.

Metal. Lămpile de emisiune considerate mai sus au aşa dar un înveliş parţial metalic.

De câţiva ani se construesc lămpi de recepţie cu învelişul complet metalic. Legăturile electrozilor se fac prin mărgele de sticlă sudate în perete.

Lămpile metalice au fost lansate cu mare reclamă în America şi după aceea au început să fie construite şi în Europa. Ele au avut succes, dar calităţile lor au fost întrucâtva exagerate la început.

Sunt într'adevăr ceva mai solide, mai mici şi mai uniforme ca lămpile de sticlă şi scoaterea aerului se poate face într'un timp mult mai scurt fiindcă învelişul de metal conţine mai puţine gaze ocluse decât sticla şi pe de altă parte poate fi încălzit la temperaturi mai mari pentru a se grăbi eliminarea acestor gaze. In schimb lămpile

metalice au un sgomot de fond ceva mai pronunțat decât lămpile de sticlă și alte mici neajunsuri.

Este greu de anticipat dacă lămpile metalice vor înlocui cu timpul lămpile de sticlă.

Producerea vidului

Urmele de gaz constituesc un mare neajuns într'o lampă de radio, căci funcționarea devine neregulată, iar pe de altă parte se distruge cu timpul suprafața emițătoare de electroni, atât prin bombardamentul ionic cât și prin reacțiile chimice ce se pot produce.

Pentru facerea vidului nu este destul de a întrebuința cele mai bune pompe. Mai trebue și o instalație de aer lichid pentru a condensa vaporii de mercur cari vin dela pompe. Dar nu numai atât, lampa mai trebue încălzită pentru ca să elimine gazele ocluse în sticlă și în diferitele elemente componente. Incălzirea se face atât în cuptor cât și într'un câmp magnetic alternativ care produce curenți Foucault ce încălzesc toate piesele metalice. In sfârșit, după închiderea lămpii se volatilizează o pastilă de magneziu, care se depune pe pereții sticlei, dând cunoscutul aspect argintiu. Astfel se împiedecă ieșirea gazelor ocluse din sticlă, care s'ar putea libera în timpul funcționării.

Cu toate aceste precauțiuni se ajunge la un vid de aproximativ 1/1.000.000 mm de mercur, ceea ce înseamnă că tot mai rămân cam 1.000.000 molecule de gaz în fiecare milimetru cub.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A IV-a

FUNCȚIUNILE LĂMPILOR

CAPITOLUL XVI

DETECȚIA

Modulația. Semnalele de joasă frecvență se extrag din curentul de înaltă frecvență care circulă în antena receptoare. Acest curent este produs de postul de emisiune precum am văzut în capitolul I.

Curentul de înaltă frecvență reprezentat în fig. 184 nu poate transmite sau purta niciun fel de semnal. Pentru

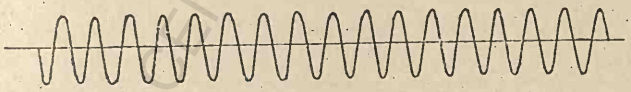


Fig. 184. — Unde întreținute continue

a transporta un semnal curentul de înaltă frecvență trebue:

1. întrerupt (telegrafie);
2. variat ca intensitate (modulație de intensitate),
3. variat ca frecvență (modulație de frecvență);

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 185 reprezintă aceste trei posibilităţi de a imprima un mesaj pe curenţii de înaltă frecvenţă.

Primul caz se referă la telegrafie, iar cazul 2 şi 3 se referă la telefonie şi câteodată la telegrafie. Ne vom ocupa numai de cazul 2, întru cât modulaţia de frecvenţă nu se întrebuinţează decât pe o scară foarte restrânsă.

Modulaţia de intensitate constă în variaţia amplitudinii undei purtătoare prin curentul microfonic. Modulaţia poate fi mai adâncă sau mai puţin adâncă (fig. 186) Adâncimea modulaţiei se exprimă în procente (fig. 187).

Fig. 185. — Cele trei feluri de a transmite semnale

Astfel avem o modulaţie de 100 la 100 când prin modularea amplitudinii, unda purtătoare variază dela 0 la

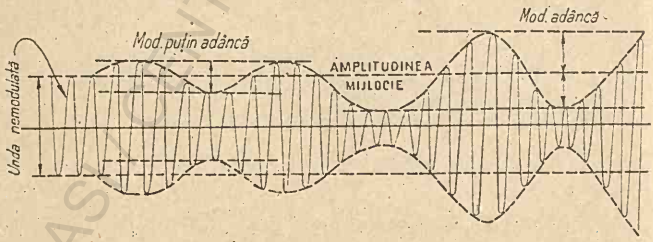


Fig. 186. — Modulaţii de diferite adâncimi

de două ori valoarea iniţială (în fig. 125, $A = B$). Se pot obţine şi modulaţii mai adânci de 100 la 100, dar atunci

imprimarea este deformată. In practică nu se trece de 70—80 la sută pentru pasajele cele mai puternice, întru cât receptoarele deformează modulațiile mai adânci. Dar modulația nu trebue să fie nici prea puțin adâncă căci atunci

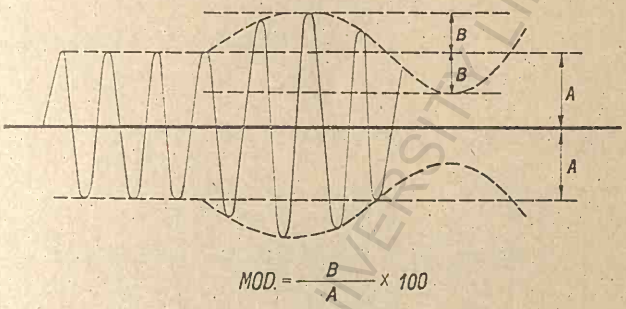


Fig. 187. — Procentul de modulație

se reduce bătaia. Intr'adevăr, bătaia unei emisiuni telefonice depinde și de adâncimea modulației.

Necesitatea detecției. Detecția se mai numește și « demodulație », căci prin detecție se extrage modulația aplicată undei purtătoare.

Dacă unda purtătoare ar alimenta direct o cască telefonică, nu s'ar auzi nimic. Curentul de înaltă frecvență întâmpină o reactanță prea mare pentru a putea trece prin bobinajele căștii. Dar chiar dacă ar trece, — sau chiar dacă s'ar face de exemplu o cască electrostatică — membrana n'ar putea urma fluctuațiile prea rapide determinate de curenții de înaltă frecvență. Membrana fiind împinsă cu aceeași forță când într'o parte când într'alta de milioane de ori pe secundă, ar sta pe loc. Admițând totuși că membrana ar putea executa aceste mișcări atât de repezi, tot nu s'ar auzi nimic căci s'ar produce ultra sunete, imperceptibile urechii.

Aşa dar înalta frecvenţă trebue înlăturată şi trebue să rămânem numai cu anvelopa ei, adică cu modulaţia telefonică.

Aceasta se face prin suprimarea unei alternanţe (fig. 188). Pulsaţiile unidirecţionale şi foarte rapide ce rămân, determină atunci o deplasare înceată a membranei care

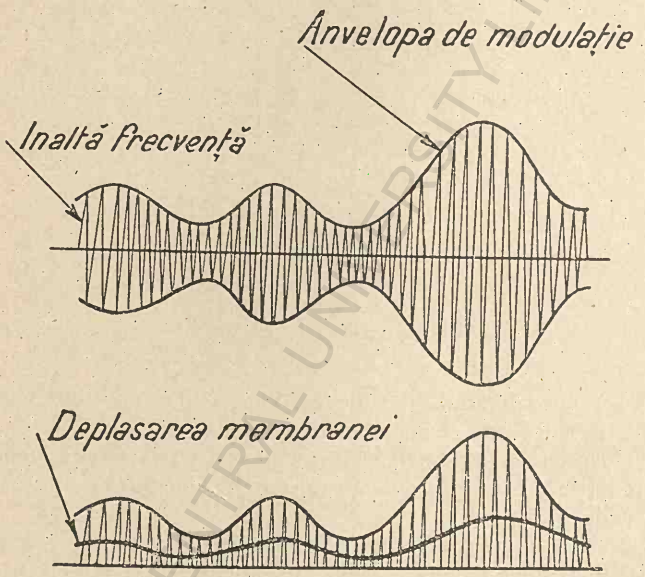


Fig. 188. — Extragerea semnalului de modulaţie prin suprimarea unei alternanţe de înaltă frecvenţă, detecţia

corespunde cu intensitatea mijlocie a acestor impulsuri şi este replica fidelă a modulaţiei aplicată pe unda purtătoare.

Detecţia cu galenă. Fig. 189 reprezintă cel mai simplu aparat de recepţie. Acesta cuprinde acordul şi detecţia.

La aparatele cu lămpi, — chiar şi la cele mai complicate, — nu se mai adaugă decât o singură funcţiune esenţială, amplificarea.

Funcționarea acestui montaj este evidentă: diferența de potențial alternativ între punctele A și B, ar produce un curent alternativ prin cască, cu valoarea mijlocie zero dacă n'am fi introdus supapa electrică pe care o constitue galena. Fig. 190 reprezintă caracteristica galenei, voltajul aplicat care fluctuează simetric, curentul

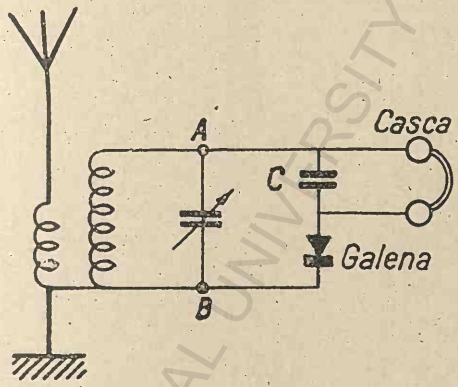


Fig. 189. — Detector cu galenă

rezultant care e asimetric, și valoarea mijlocie a curentului rezultat care corespunde cu deplasarea membranei telefonice.

Condensatorul C din schema 189 este o punte de trecere a înaltei frecvențe care ar întâmpina o impedanță prea mare în bobinele căștii. Condensatorul de trecere C va fi destul de mare pentru a permite o ușoară trecere [1]) a curentului de înaltă frecvență, și destul de mic pentru

[1]) In practică se poate auzi și fără acest condensator de trecere, întru cât înalta frecvență își găsește întotdeauna o trecere prin capacitățile parazite.

ca să ofere o piedecă pentru componenta de joasă frecvenţă. Cu alte cuvinte capac tatea nu trebue să constitue un scurt circuit pentru joasa frecvenţă care în acest caz n'ar mai trece prin casică. Se ia de obiceiu o valoare de vreo 2000

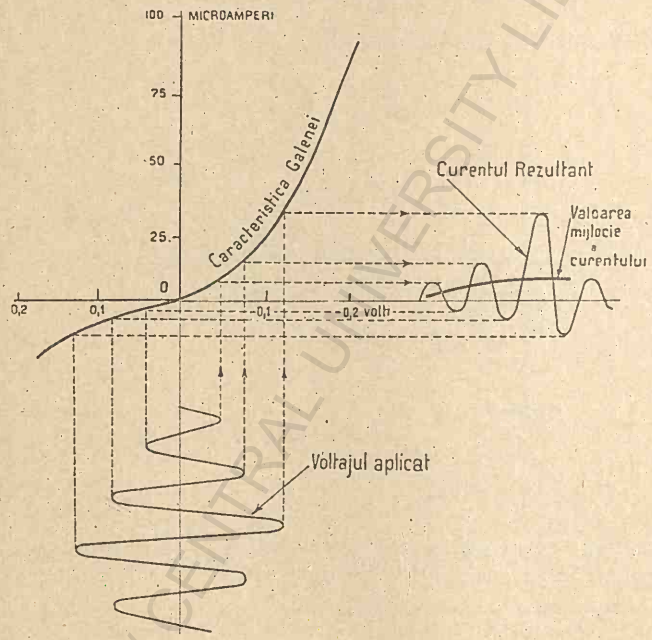


Fig. 190. — Caracteristica galenei şi utilizarea ei în radio

cm. Pentru frecvenţe de 100 kc acest condensator reprezintă o reactanţă de circa 700 ohmi, iar pentru o frecvenţă muzicală de 1000 cicli de exemplu, o reactanţă de circa 70.000 ohmi, deci o reactanţă mult mai mare decât casca, care are vreo 2000 ohmi.

BOLYAI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Avem prin urmare un dispozitiv de filtrare care separă înalta frecvență de joasa frecvență.

Detecția prin diodă

Funcționarea. In fig. 191 s'a înlocuit galena printr'o diodă. Caracteristica diodei a fost dată în fig. 126. Cetitorul se așteaptă probabil să trecem la studiul detecției aplicând acestei curbe construcția grafică întrebuințată la galenă (fig. 190).

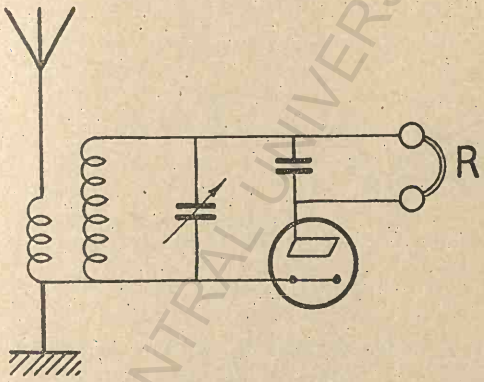


Fig. 191. — Detector cu diodă

Dar această construcție grafică foarte simplă, dă numai aspectul general al detecției și constituc doar o primă aproximație. Intr'adevăr, construcția nu este exactă nici pentru galenă întrucât nu s'a ținut seama de rezistența de utilizare (casca).

Pe această rezistență apare o diferență de potențial care modifică și complică întru câtva procesul de redresare după cum vom vedea îndată.

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Să considerăm dioda cu rezistența de utilizare (fig. 192). Dacă detectăm un semnal de V volți, care produce un curent I ce trece prin rezistența de utilizare R_E avem

$$V = V_D - IR_E$$

în care V_D este voltajul aplicat pe diodă.

Să considerăm deocamdată o diodă ideală cu o caracteristică perfect dreaptă OA (fig. 193) (aceasta este porțiunea ascendentă a curbei din fig. 126). Caracteristica OA are o înclinație care reprezintă 2000 ohmi $\left(\frac{1\ V}{0{,}0005\ A} = 2000.\right)$

Aceasta este rezistența interioară a diodei.

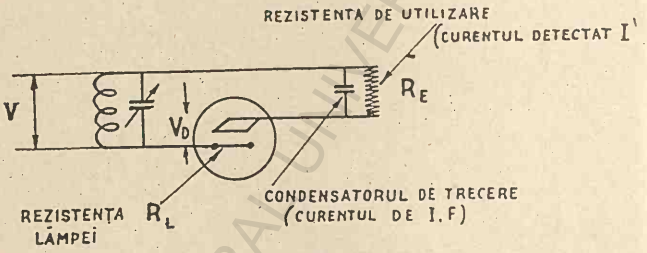


Fig. 192. — Montarea diodei

Să determinăm acum pe V_D. Trebue să găsim întâi negativarea, adică termenul IR_E, care depinde de următorii trei factori:

V amplitudinea semnalului

R_E rezistența de utilizare și

R_L rezistența interioară a diodei.

Facem următoarea construcție grafică: ducem dreapta $-1B$ care reprezintă negativarea ce se produce cu un semnal de 1 volt pe diferite rezistențe de utilizare. Când rezistența de utilizare e zero, evident că și negativarea e zero, iar intensitatea curentului trebue să fie de 500 micro-amperi întru cât rezistența interioară a lămpii e de 2000 ohmi, avem așa dar punctul B.

Când rezistența de utilizare e infinită tot voltajul produs de semnal (1 volt) se află pe această rezistență, iar intensitatea curentului e zero, avem punctul —1. De altfel era evident dela început că dreapta —1*B* trebuia să fie paralelă cu dreapta *OA* întru cât reprezintă aceeași rezistență de 2000 ohmi.

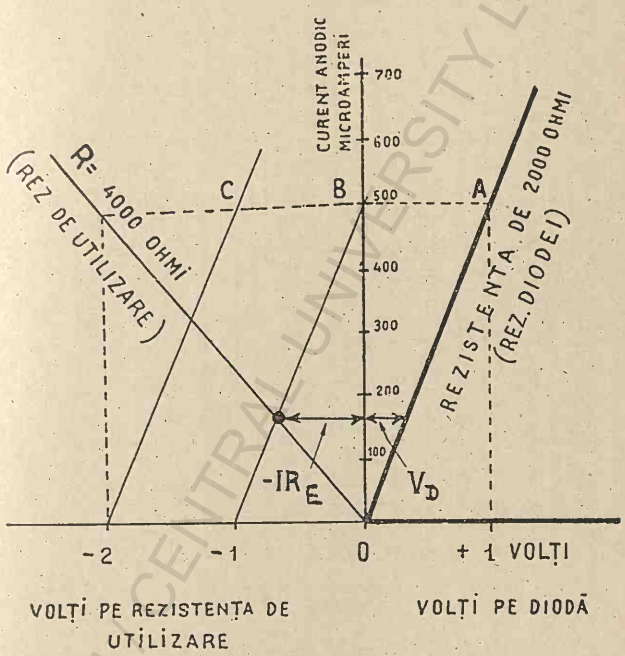


Fig. 193. — Caracteristicele ideale ale diodei

Să luăm acum o rezistență de utilizare cuprinsă între zero și infinit, să zicem 4000 ohmi. Această rezistență se reprezintă prin dreapta $OR\left(\frac{2}{0{,}0005} = 4.000 \text{ ohmi}\right)$.

Intersecția dreptei OR cu dreapta —$1B$ ne dă termenul IR_E precum și pe V_D în cazul semnalului de 1 volt. Pentru semnalele de 2 volți luăm intersecția lui OR cu dreapta —$2C$ și așa mai departe.

Să trecem acum la cazul real. Fig. 194 reprezintă caracteristicele diodei care se trasează astfel: se aplică

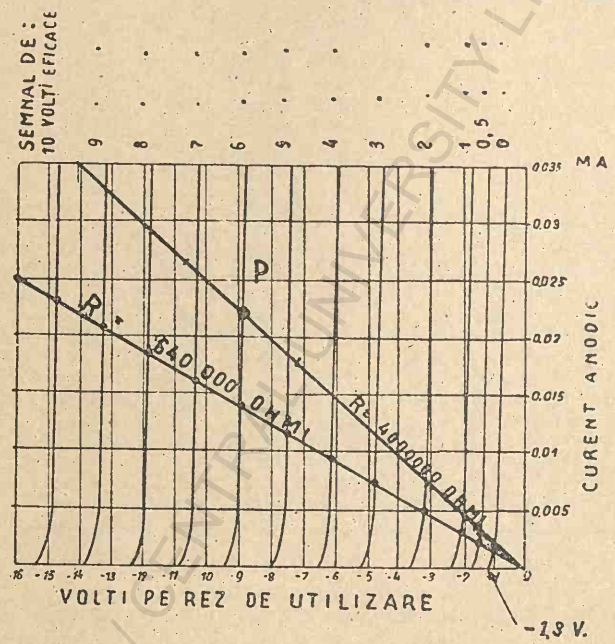


Fig. 194. — Caracteristicele reale ale diodei

un semnal de 1 volt de exemplu și se variază valoarea rezistenței de utilizare. Relația între voltajul ce apare la bornele acestei rezistențe și intensitatea curentului ne dă curba semnalului de 1 volt. Procedăm la fel cu un semnal de 2 volți ș.a.m.d.

Constatăm că aceste caracteristice nu sunt perfect drepte, partea inferioară având o curbă pronunțată. In al doilea rând caracteristica *OA* din fig. 193 nu mai începe acum dela originea axelor. Când semnalul e zero, diferența de potențial dintre catodă și anodă nu e zero, ci —1,3 V. Aceasta se explică prin faptul că electronii părăsesc catoda cu o anumită viteză care nu poate fi neglijată.

In sfârșit, semnalele sunt exprimate aici în valori eficace. Din aceste curbe caracteristice ale diodei se pot deduce toate condițiile de funcționare.

De fapt interesează mai mult relația generală între amplitudinea semnalului incident și schimbarea de voltaj produsă la bornele rezistenței de utilizare. Această relație ar trebui să fie liniară. Fig. 195 ilustrează această curbă

CITIRILE DIN FIG 194		
SEMNALUL VOLTI EFICACE	TENSIUNEA PE REZ DE UTILIZARE	VARIATIA TENS PE REZ
0	1	0
0,5	1,4	0,4
1	2	1
2	3,1	2,1
3	4,7	3,7
4	6,1	5,1
5	7,5	6,5
6	9	8
7	10,3	9,3
8	11,9	10,9
9	13,2	12,2
10	14,7	13,7

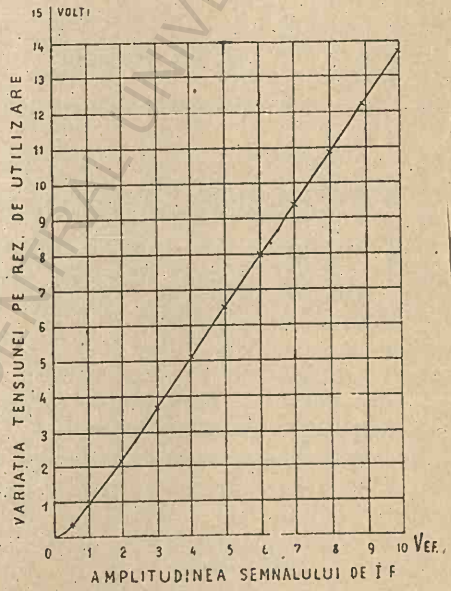


Fig. 195. — Caracteristica detecției extrasă din fig. 194

extrasă din fig. 194 pentru o rezistenţă de utilizare de 640.000 ohmi $\left(\frac{16}{0,000025} = 640.000 \text{ ohmi}\right)$.

Se vede că liniaritatea este aproape perfectă afară de începutul curbei.

Aceasta înseamnă că vor fi deformate semnalele mai slabe precum şi semnalele puternice atunci când sunt modulate adânc cu aproape 100%. In mod normal, modulaţiile de 90% deabia sunt deformate cu 1%.

Iată acum un al doilea exemplu de întrebuinţarea caracteristicelor: să se determine amplitudinea semnalului de joasă frecvenţă, produs un semnal de 6 volţi eficace, modulat 30 %, — rezistenţa de utilizare fiind de 0,4 megohmi (fig. 194).

Rezistenţa de 0,4 megohmi se reprezintă prin dreapta care pleacă dela originea axelor la 14 V, şi 0,035 MA. $\left(\frac{14}{0,000035} = 400.000 \text{ ohmi}\right)$. Punctul în jurul căruia funcţionează dioda se va afla pe această dreaptă şi pe caracteristica semnalului de 6 volţi, aşa dar la punctul de întretăiere *P*. Acest punct corespunde cu un semnal de 9 volţi care apare pe rezistenţa de utilizare când semnalul incident nu este modulat. Dar prin modulaţia de 30% se va produce o deplasare a punctului *P* dela

$$6 + 6 \times 0,3 = 7,2 \text{ volţi la } 6 - 6 \times 0,3 = 4,8 \text{ volţi}$$

valori ce corespund pe diagramă cu respectiv 10,6 şi 7,2 volţi detectaţi. Vom obţine aşadar un semnal de joasă frecvenţă de amplitudinea 10,6—7,2 = *3,4* volţi.

Montarea. Montarea diodei se poate face în două feluri: 1. cu rezistenţa de utilizare în serie cu dioda sau 2. în paralel cu dioda (fig. 196).

E de observat că rezistenţa de utilizare amortizează circuitul oscilant. Amortizarea este egală cu amortizarea care ar fi produsă de o rezistenţă de două ori mai mică

decât rezistența de utilizare în cazul montajului în paralel și o rezistență de trei ori mai mică în cazul montajului în serie.

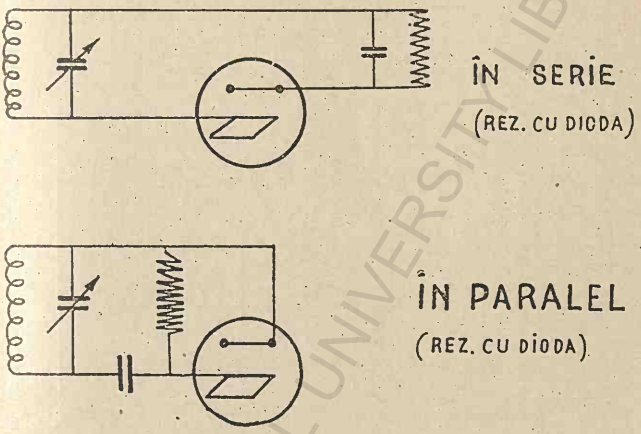


Fig. 196.— Cele două feluri de a monta rezistența de utilizare

Amortizarea se poate reduce legând numai o parte din circuitul oscilant de diodă printr'o priză. Fig. 197 reprezintă montarea obișnuită a diodei cu o lampă amplificatoare de joasă frecvență. In cazul de față s'a luat o pentodă; evident că se putea face uz și de triodă.

Lampa amplificatoare se montează de obiceiu chiar în balonul de sticlă a diodei, formând astfel o singură lampă, iar dioda este de cele mai multe ori o diodă dublă.

Astfel avem duodioda-triodă și duodioda-pentodă.

Dioda a doua servește la producerea tensiunii necesare pentru reglajul automat de volum. Pentru aceasta se montează pe a doua diodă un filtru format dintr'un condensator de circa 0,5 μF și o rezistență de circa 0,5 megohmi.

Acest filtru constitue un fel de volan electric care înlătură variațiile rapide de tensiune și are o constantă de timp [1]) de circa de 0,2 secunde.

Constanta de timp e dată de produsul rezistență și capacitate.

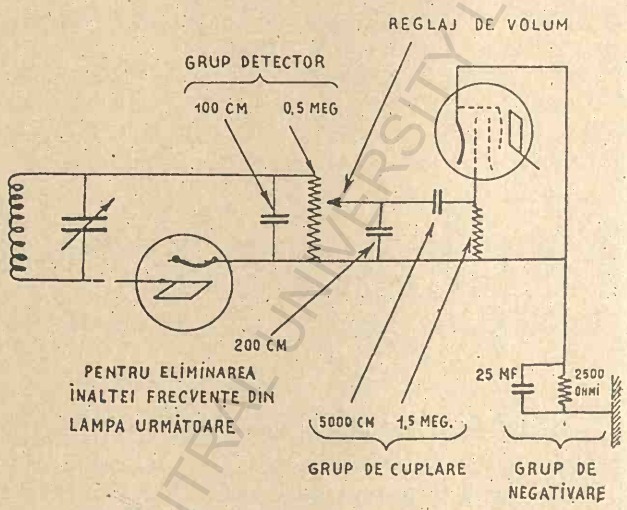


Fig. 197. — Montarea diodei în aparatul de recepție

Astfel dacă luăm de exemplu o rezistență de 0,5 megohmi și o capacitate de 0,4 μF obținem o constantă de timp de

$$0,5 \times 0,4 = 0,2 \text{ secunde.}$$

---

[1]) « Constanta de timp » este fracția de secundă în care se ridică tensiunea condensatorului alimentat printr'o rezistență, dela zero la 2/3 din voltajul ce i se aplică. Sau, timpul necesar ca acesta să se descarce la 1/3 din tensiunea aplicată, după ridicarea tensiunii.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 198 reprezintă montarea unei duo-diode pentru a da atât semnalele de joasă frecvență cât și negativarea necesară pentru reglajul automat de volum.

Detecția prin triodă. Detecția de placă. Trioda poate fi întrebuințată pentru a detecta printr'un mecanism simi-

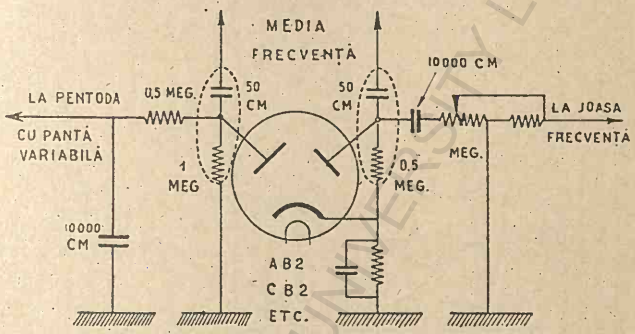


Fig. 198. — Montarea duo-diodei pentru detecție și negativare automată

lar cu al diodei. Intr'adevăr, curba caracteristică a triodei seamănă cu a diodei, și dacă aplicăm tensiunea detectată pe sită — în cotul inferior al caracteristicei — obținem semnalul detectat în circuitul anodic.

Sistemul acesta prezintă două avantaje și un neajuns.

In primul rând sita fiind mereu negativă nu introduce o amortizare în circuitul oscilant, deci selectivitate bună și semnal puternic. Dar semnalul este puternic și pentrucă lampa amplifică [1]).

Neajunsul acestui detector este lipsa de liniaritate. In deosebire de caracteristica diodei care are porțiunea curbă

---

[1]) De notat că punctul de funcționare nu se ia la cotul superior al caracteristicei, căci în acest caz sita ar fi pozitivă, ar scurge electroni, și astfel ar amortiza circuitul oscilant.

foarte redusă, la aproximativ 1 V, în cazul triodei curbura se întinde pe un interval mai mare aşa încât semnalul apare deformat, mai ales când modulaţia e mai adâncă.

Montajul pentru detecţia de placă este dat în fig. 199.

Detecţia de placă nu se mai întrebuinţează aproape de loc.

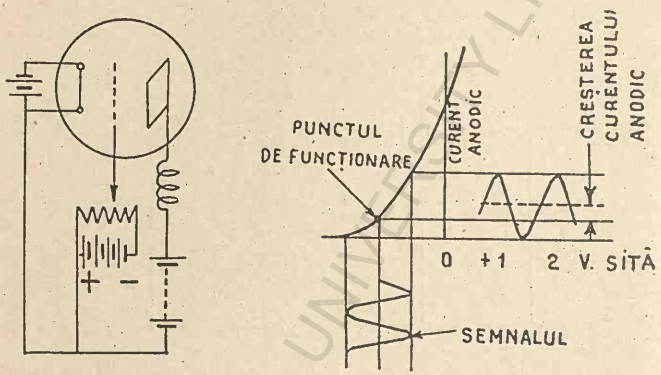


Fig. 199. — Detecţia de placă

Detecţia de sită, sau prin condensator şuntat. Semnalul detectat cu diota poate fi trecut la o triodă spre a fi amplificat. Montajul este dat în fig. 200.

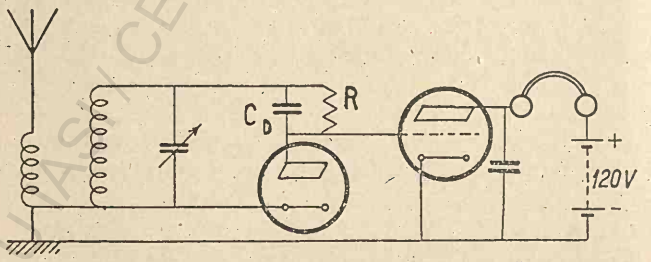


Fig. 200. — Detecţie prin diodă şi amplificare prin triodă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dar experienţa arată că dacă scoatem dioda, funcţionarea nu se schimbă cu nimic. După oarecare reflexii ne dăm seama că în definitiv placa diodei îndeplineşte cam aceeaşi funcţiune în cazul de faţă, ca şi sita triodei, care este tot un electrod nealimentat în înaltă tensiune, aşezat în imediata apropiere a catodei.

Ajungem la montajul din fig 201. Mecanismul prin care funcţionează această detecţie de sită este de fapt aproape

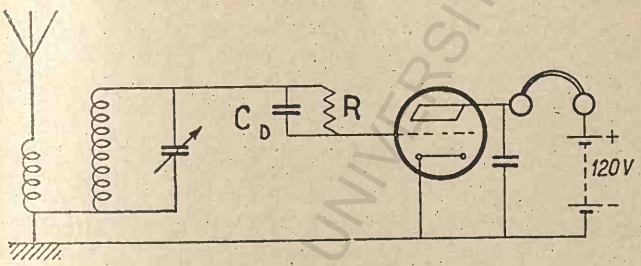


Fig. 201. — Detecţia de sită

identic cu al diodei. Dar trebue să examinăm funcţionarea mai amănunţit şi să privim fenomenul într'o lumină puţin diferită pentru a evidenţia anumite aspecte.

Să presupunem pentru moment că sita ar fi legată de restul circuitului numai prin condensatorul de detecţie C_D (rezistenţa R fiind suprimată).

La sosirea unei unde întreţinute sita devine când pozitivă când negativă schimbându-şi polaritatea la fiecare alternanţă de înaltă frecvenţă. Când este pozitivă se încarcă cu electroni, dar nu poate scurge electronii strânşi, căci nu are nicio legătură metalică cu restul circuitului. La alternanţa următoare iar strânge electroni pe care nu-i mai poate scurge, aşa încât devine tot mai negativă. Teoretic, sita devine atât de negativă încât suprimă curentul anodic complet. In practică electronii strânşi pe sită tot

se scurg încetul cu încetul întru cât izolarea diferitelor piese nu este perfectă și nici vidul din lampă nu este perfect, așa încât există și ioni cari pot scurge încet sarcina sitei.

Dacă adăugăm acum rezistența R (fig. 201) pe care am omis-o în mod provizoriu vedem că electronii au pe unde să se scurgă, așa încât după încetarea semnalului sita revine la potențialul ei normal. Revenirea este mai înceată când rezistența este mare, și rapidă când rezistența este mai mică.

Revenirea se face nu numai în cazul unei unde de înaltă frecvență complet întreruptă, cazul telegrafiei, dar și când unda este modulată (fig. 202). In acest caz rezi-

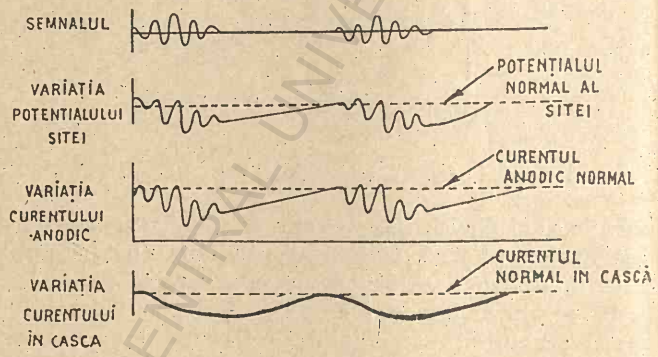


Fig. 202. — Mecanismul detecției de sită

stența este astfel dimensionată față de condensator, încât revenirea să se poată face în 1/5000 secundă, timp care corespunde cu semiperioada celei mai înalte frecvențe muzicale.

Așa dar detecția de sită se face prin alunecarea punctului mijlociu de funcționare pe porțiunea dreaptă a caracteristicei. Prin urmare lampa funcționează, când în jurul

unui punct aşezat mai la dreapta, când în jurul unui punct aşezat mai la stânga, în maximele de modulaţie.

Fig. 201 arată montajul pentru detecţia de sită.

Condensatorul se alege cum am arătat la diodă, destul de mare pentru a trece cu uşurinţă înalta frecvenţă şi destul de mic pentru a bloca joasa frecvenţă. Iar rezistenţa trebue să permită descărcarea condensatorului ales în aproximativ 1/5000 secundă.

Valorile a căror determinare e exactă se face de obiceiu experimental, variază după caracteristicile lămpii şi după lungimea de undă. *R* se ia de 1—2, sau 3 megohmi iar *C* de 100, 200, 300 cm.

Tensiunea anodică se reduce la vreo 2/3 din valoarea normală sau chiar la mai puţin. Sita *nu* trebue negativată pentru a avea curent de sită. Ea se va lega la plus filament în aparatele de baterii.

Detecţia de sită e foarte întrebuinţată mai ales în aparatele mici, pentru semnale slabe şi când nu se pune prea mare preţ pe fidelitate. Acest sistem de detecţie mai prezintă marele avantaj de a permite reacţia, deci o amplificare suplimentară. Reacţia nu poate fi aplicată la diodă pentrucă dioda nu amplifică, iar semnalul amplificat după diodă nu mai cuprinde înaltă frecvenţă. Dar când se face detecţia de sită se amplifică în mod inevitabil şi înalta frecvenţă ceea ce constitue un neajuns pentru detecţie (precum vom vedea mai departe) dar o nouă posibilitate de amplificare precum am arătat aci.

Detecţia de sită găseşte o întrebuinţare foarte interesantă la acţionarea relelor. In acest caz montajul ia o formă specială, rezistenţa *R* se suprimă. Sita fiind astfel deslegată întrerupe curentul anodic la sosirea fiecărui semnal telegrafic şi constitue un dispozitiv extrem de sensibil, prin efectul cumulativ al undelor. Această chestiune este tratată mai pe larg în cartea mea întitulată « Telemecanica ».

Comparând cele două sisteme de detecţie constatăm că detecţia de sită este mai sensibilă din cauza efectului

ei cumulativ şi ca atare mai potrivită pentru semnalele slabe.

Iar detecţia de placă este potrivită pentru semnalele mai puternice.

In sfârşit, prin detecţia de sită, curentul anodic *scade* (fig. 202), iar prin detecţia de placă *creşte* (fig. 199).

Detecţia de sită dă un curent aproximativ proporţional cu semnalul incident când acesta este slab. Dacă semnalul creşte, curentul atinge o limită când stă pe loc şi după aceea scade. Aceasta se explică prin faptul că semnalul ajunge în cotul inferior al caracteristicei aşa încât apare pe lângă detecţia de sită şi detecţia de placă care tinde să mărească curentul anodic. In cele din urmă acest efect antagonist devine predominant, amplitudinea semnalului rezultant scade.

Din această lipsă de proporţionalitate între modulaţie şi semnalul detectat rezultă fireşte deformarea audiţiei. Există însă remedii simple: sau se reduce semnalul aplicat, şi implicit şi debitul lămpii, pierzând astfel din amplificare, — sau se măreşte tensiunea anodică pentru a deplasa caracteristica spre stânga, scoţând astfel cotul din calea semnalelor puternice. Dar este evident că în acest caz semnalul trebue să aibă o amplitudine mare.

Montajul este ca cel din fig. 201 cu singura deosebire că R este mai mic şi tensiunea de placă mai mare. Acest sistem de detecţie se numeşte în englezeşte « power grid detection ».

Detecţia prin diodă-triodă. Din cele de mai sus rezultă că deformaţiile care apar în detecţia de sită provin din producerea unor mari fluctuaţii de curent de înaltă frecvenţă în circuitul anodic. Din moment ce detecţia se face pe sită, înalta frecvenţă nu mai trebue să ajungă la anodă, iar lampa ar trebui să amplifice numai semnalul redresat (joasă frecvenţă). Pentru aceasta se separă detecţia de amplificare prin atribuirea acestor două funcţiuni, respectiv unei diode şi unei triode. Fig. 203 reprezintă această soluţie, care diferă complet de soluţia din

fig. 200 prin faptul că înalta frecvență este filtrată și nu mai poate pătrunde în triodă. Fig. 203 este de fapt o formă simplificată a schemei din fig. 197.

Detecția prin diodă și amplificarea joasei frecvențe (fără înaltă frecvență) este soluția modernă care dă o

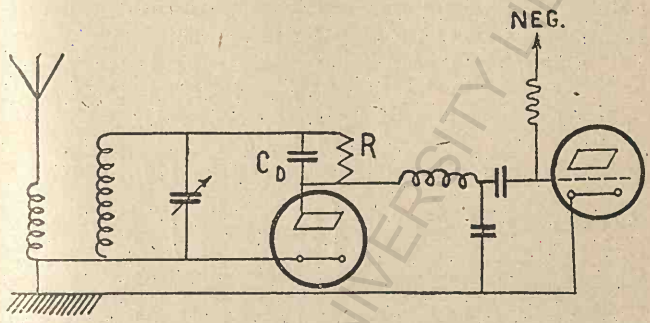


Fig. 203. — Detecția prin diodă și amplificare prin triodă. Aceste două lămpi se montează câteodată într'un singur balon

detecție nedeformată atât pentru semnalele puternice, cât și pentru modulația adâncă. Se întrebuințează sau două lămpi diferite sau două lămpi montate într'un balon de sticlă, așa zisa diodă-triodă. Dar și această din urmă soluție a fost înlocuită prin dubla diodă-triodă, lampă care redresează ambele alternanțe, una pentru a fi amplificată și auzită, iar cealaltă pentru a face reglajul automat de volum, precum am văzut mai sus.

Detecția prin diodă a contribuit într'o foarte mare măsură la obținerea fidelității aparatelor moderne.

CAPITOLUL XVII

AMPLIFICAREA

Lămpile de radio pot amplifica. Această proprietate a fost arătată la studiul lămpilor (cap. XII). In rezumat am stabilit următoarele:

1. Lampa are un *factor de amplificare.* Acest factor este raportul între variația de voltaj aplicată pe anodă și variația de voltaj aplicată pe sită, care produce același efect (aceeași variația de curent anodic).

2. Lampa mai este caracterizată prin *pantă.* Panta exprimă variația curentului anodic în MA pentru fiecare volt aplicat pe sită (în plus sau în minus).

3. *Amplificarea utilă* a lămpii este dată de formula

$$A = \frac{k\ R_E}{R_E + R_L}$$

în care R este o rezistență ohmică (fig. 149).

sau o rezistență dinamică $\left(R_E = \frac{L}{CR}\right)$

sau rezistența reflectată de transformator $\frac{R_2}{n^2}$ (cap. VI).

Diferite tipuri de amplificatori. Plecând dela noțiunile mai mult sau mai puțin teoretice de mai sus, vom cerceta acum amplificarea, variată ca aspect, complexă ca manifestare, de care avem nevoie în aparatele de recepție și de emisie.

Considerați din diferite puncte de vedere, amplificatorii se împarte în mai multe categorii.

Avem întâi amplificatorii *de tensiune* și *de putere.*

Primii trebue să producă o cât mai mare variație de tensiune, — care se aplică pe sita lămpii următoare. Ceilalți trebue să dea un debit de putere cât mai mare, pentru a alimenta de exemplu un difuzor.

Amplificatorii se mai împart și după poziția punctului de funcționare, în trei tipuri sau clase A, B și C (fig. 204).

Clasa A, cu punctul de funcționare la mijlocul porțiunii drepte a caracteristicei. Lampa funcționează în jurul acestui punct în limitele porțiunii drepte a caracteristicei. Sita rămâne întotdeauna negativă, prin urmare nu avem curent de sită.

Curentul anodic de repaus e I_0; în timpul funcționării curentul variază dela zero la $2I_0$ (acestea sunt limitele teoretice maxime).

Așa dar valoarea mijlocie a curentului anodic rămâne constantă. Cu alte cuvinte alimentarea anodică rămâne

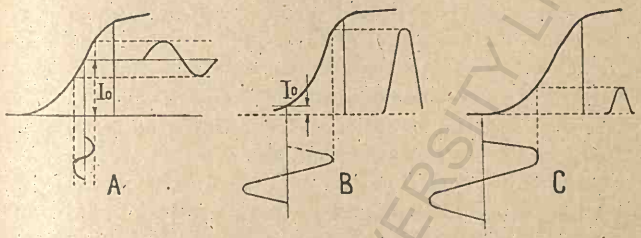


Fig. 204.— Cele trei clase de amplificatori

întotdeauna aceeași, fie că lampa e în repaus fie că oscilează. Rezultă de aci că avem disipația anodică [1]) maximă în repaus.

Amplificarea de putere este mare (întru cât consumația sitei e foarte redusă, căci nu avem curent de sită).

Randamentul [2]) acestui amplificator este însă la cel mult 50% în teorie iar, în practică nu trece de 30%.

Amplificatorii tip *A* se întrebuințează în aparatele de recepție în etajele de înaltă și de joasă frecvență fiindcă dau amplificări nedeformate. La emisie nu se prea întrebuințează întru cât randamentul e mic, și ca atare cer prea multă energie anodică, — pentru a o irosi în bună parte cu încălzirea anodelor.

Amplificatorii tip *A* sunt studiați mai departe.

---

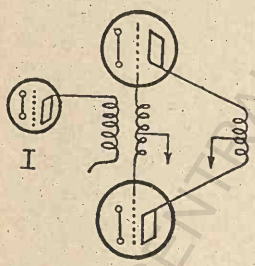
[1]) Prin disipație anodică se înțelege energia absorbită de anodă prin încălzire.

[2]) Prin randament se înțelege raportul între energia pe care o reprezintă oscilația amplificată și energia necesară pentru alimentarea anodică — adică $I \times V$.

Clasa B, are punctul de funcționare în cotul inferior al caracteristicei. Așa dar amplifică numai alternanța pozitivă (fig. 204.)

Curentul anodic e aproape zero (I_0), când lampa e în repaus. De îndată ce apare semnalul rezultă un curent anodic intermitent și proporțional cu intensitatea semnalului. Acest tip de amplificatori se întrebuințează de obiceiu în « Push-pull » (fig. 205 și 206), adică două lămpi în opoziție așa încât fiecare amplifică o alternanță. Acest montaj e foarte întrebuințat la aparatele de recepție, mai ales la cele cu baterii și difuzor, întru cât realizează o mare economie de curent anodic.

Amplificatorii tip *B* se întrebuințează și la emisie întru cât au un randament destul de bun. Mulțumită faptului că alimentarea anodică se face intermitent și în proporție



Fg. 205. — Montajul « push-pull »

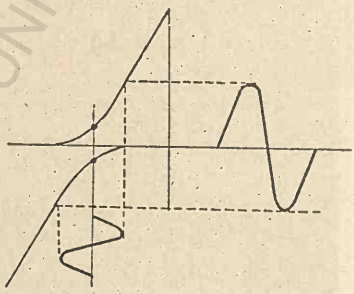


Fig. 206. — Funcționarea în « push-pull »

cu amplitudinea semnalului, randamentul anodic atinge 78,5% în teorie, iar în practică 65%.

Clasa C, are punctul de funcționare dincolo de cotul inferior al caracteristicei, așa încât amplifică numai vârfurile alternanțelor pozitive. Consumația de curent anodic este așa dar mai redusă ca la amplificatorii tip *B*.

Randamentul teoretic maxim e de 100%, iar în practică 70—90% în cazuri speciale.

Aceşti amplificatori se întrebuinţează numai la emisiune.

In sfârşit mai sunt şi amplificatori de tip intermediar *AB* şi *BC* asupra cărora nu ne vom opri.

Dar amplificatorii se mai pot împărţi şi după curenţii pe care îi amplifică, astfel avem amplificatori de joasă frecvenţă (20—10.000 cicli), de medie frecvenţă (în superheterodine) şi de înaltă frecvenţă pentru frecvenţele radioelectrice.

In sfârşit, amplificatorii se mai deosebesc şi după cuplajul întrebuinţat (fig. 207): transformatori, rezistenţe, impedanţe, circuite rezonante.

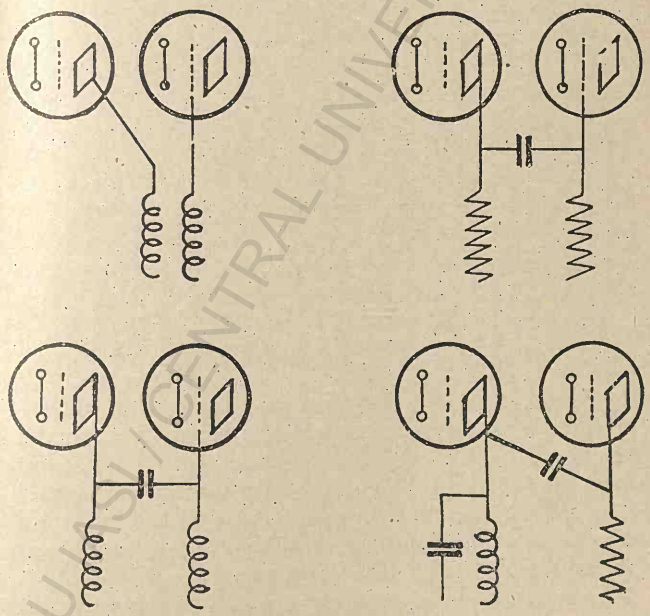


Fig. 207. — Diferite feluri de a cupla lămpile

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Vom face un studiu sumar al amplificatorilor luând un aparat de recepție.

Amplificarea în înaltă frecvență

Cel mai simplu mod de cuplare este prin rezistență (fig. 208). Semnalul din circuitul oscilant de pe sită de-

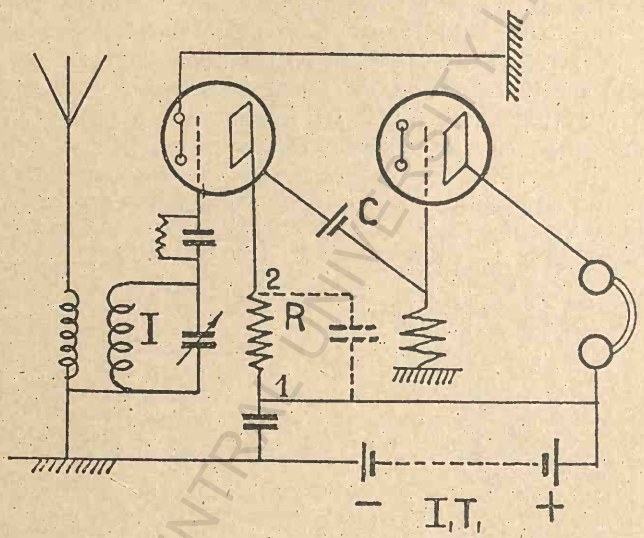


Fig. 208. — Cuplarea lămpilor prin rezistență

termină o variație de curent anodic, care se manifestă prin variația de potențial ce apare la capetele rezistenței *R*. Punctul 1, al acestei rezistențe fiind pus la pământ pentru înalta frecvență (prin condensatorul de trecere) se transmite potențialul din punctul 2, prin condensatorul de trecere *C*. Acest condensator îndeplinește și funcțiunea de a feri sita de înalta tensiune a plăcii.

Dacă montajul realizat ar corespunde exact cu această schemă, ar putea funcționa bine. Dar în practică schema

se completează în mod inevitabil cu diferite capacităţi reziduale, parazite, cari deşi mici, schimbă complet funcţionarea.

Capacităţile produse de elementele lămpii de diferitele piese şi sârme de legătură însumează, în practică, vreo 40 $\mu\mu F$ cari şuntează rezistenţa R, reducând astfel la nimica toate fluctuaţiile de voltaj din punctul 2.

Intr'adevăr în cazul unei frecvenţe de numai 1000 kilocicli, capacitatea de mai sus are o reactanţă de vreo 4000 ohmi. Reactanţa aceasta capacitivă de 4000 ohmi şuntează rezistenţa R, care fiind de vreo 100.000 ohmi este ca şi suprimată.

Dar nu nu mai atât. Fluctuaţiile de voltaj de pe placă se transmit prin capacitatea placă-sită, dând naştere unui curent de înaltă frecvenţă care se scurge la filament prin circuitul oscilant.

Acest curent de înaltă frecvenţă poate fi în diferite relaţii de fază, faţă de curentul iniţial:

1. Poate fi în fază şi în acest caz îl întăreşte prin însumare, — când sarcina anodică este inductivă.

2. Poate fi decalat cu 90° şi în acest caz nu are nicio influenţă asupra curentului iniţial, — când sarcina anodică este rezistivă.

3. Poate fi în opoziţie de fază şi în acest caz se opune curentului iniţial pe care îl slăbeşte, îl amortizează, — când sarcina anodică este capacitivă.

In cazul considerat, sarcina este mai mult capacitivă, curentul este aşa dar în opoziţie de fază şi amortizarea care se introduce în mod normal poate fi echivalentă cu o rezistenţă de şuntare de aproximativ 5000 ohmi. Bine înţeles că prin aceasta se reduce foarte mult amplificarea şi se turteşte curba de rezonanţă.

Pentru a înlătura cele două mari neajunsuri ale montajului considerat mai sus, şuntarea rezistenţei şi amortizarea circuitului oscilant, se înlocueşte rezistenţa printr'un circuit acordat, fig. 209.

Astfel se utilizează inevitabilele capacităţi parazite cari acum se adaogă la C_2 pentru a obţine acordul. Iar rezistenţa R din fig. 142 este înlocuită în acest caz prin rezistenţa dinamică a circuitului oscilant, $\frac{L}{CR}$ (cap. IV).

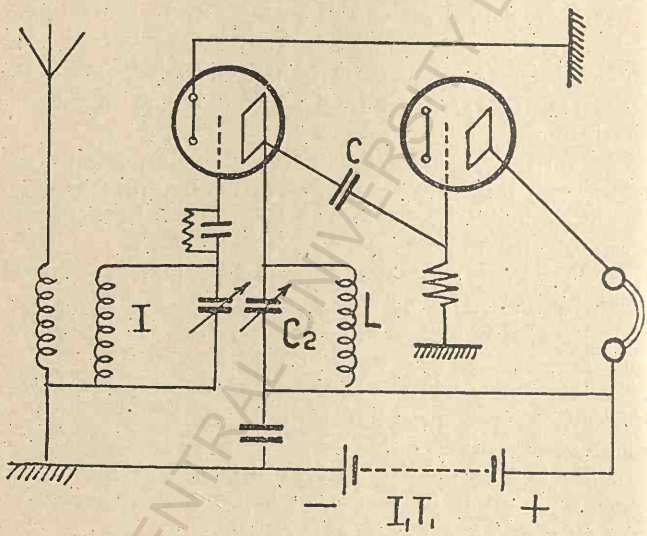


Fig. 209. — Cuplarea lămpilor printr'un circuit acordat

Acest dispozitiv prezintă şi alte avantaje: circuitul acordat de pe placă măreşte selectivitatea aparatului şi pe de altă parte rezistenţa de curent continuu a bobinei L fiind neglijabilă, putem spune că toată tensiunea anodică a sursei de alimentare ajunge pe placă (nu mai avem pierderea de tensiune din R, fig. 208).

In sfârşit trebue să vedem şi ce se întâmplă cu amortizarea circuitului I pe care am avut-o în cazul precedent.

Această amortizare se datora faptului că sarcina din circuitul anodic era capacitivă. Dacă circuitul acordat pe care-l considerăm acuma ar fi perfect acordat s'ar prezenta ca o rezistență ohmică pură de $\frac{L}{CR}$ ohmi și n'ar avea nicio influență asupra circuitului de sită. Practic însă acordul perfect este imposibil, circuitul este sau capacitiv (C prea mare) și frânează circuitul din sită sau inductiv (C prea mic) și în acest caz mărește curentul de sită, iar lampa începe să oscileze. Cu alte cuvinte ajungem într'un regim nestabil.

Avem așa dar sau un circuit desacordat și implicit și o amplificare redusă, sau avem un circuit acordat care oscilează în continuu, fluieră și este inutilizabil.

Remediul este simplu, se separă sita de placă printr'un blindaj electrostatic întrebuințând adică o lampă cu sită-ecran, — sau de preferință o pentodă (fig. 210) [1]).

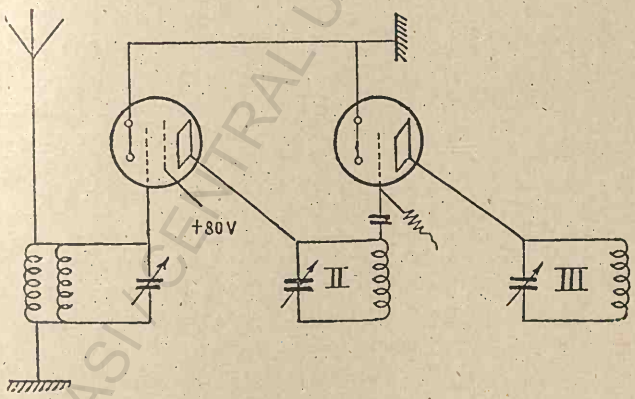


Fig. 210. — Receptor cu pentodă

[1]) Cuplajul capacitiv s'ar fi putut evita prin «neutrodinare», adică prin adăugarea unui alt cuplaj capacitiv egal și de sens opus.

In concluzie, obţinem cea mai bună amplificare de voltaj în înaltă frecvenţă întrebuinţând o pontodă cuplată printr'un circuit acordat.

Amplificarea astfel obţinută se calculează prin formula generală dată mai înainte.

$$A = \frac{k\,R}{R_E + R_L}$$

în care

R_E = rezistenţa dinamică a circuitului oscilant $\frac{L}{C\,r}$

R_L = rezistenţa interioară a lămpii.

k = factorul de amplificare.

Avem aşa dar

$$A = \frac{k\,L}{L + C\,r\,R_L}$$

Luând pentru R o valoare mijlocie de 100.000 ohmi, obţinem cu o lampă obişnuită o amplificare de aproape 200. Cum însă R_L este de obiceiu mult mai mic decât R_E putem considera amplificarea ca aproximativ egală cu

$$A = \frac{k\,R_E}{R_E + R_L} \text{ care devine } \frac{k\,R_E}{R} \text{ sau Panta} \times R_E$$

Aşa dar se va alege o lampă cu sită ecran având o pantă cât mai mare (factorul de amplificare *nu* interesează) şi se va construi un circuit oscilant cu o rezistenţă dinamică $\frac{L}{C\,R}$ cât mai mare.

Dar şi lampa cu sită ecran poate să oscileze în anumite condiţiuni, anume când

$$(\text{panta})\ \omega\ C_{SP}\ R_1 R_2 < 2$$

în care R_1 şi R_2 sunt rezistenţele dinamice ale celor două circuite acordate, C_{SP} capacitatea sită-placă care poate fi luată ca 0,005 μF.

Din formulă se vede că amplificarea ce se poate obţine în limitele de stabilitate scade cu frecvenţa.

Când se cuplează două lămpi cu sită-ecran, au o tendinţă şi mai pronunţată de a oscila prin faptul că circuitul II al lămpii *I* este şi pe sita lămpii *II* şi astfel primeşte curent prin reacţia dela circuitul *III*. I se reduce aşa dar rezistenţa dinamică iar condiţia de stabilitate de mai sus riscă să nu mai fie satisfăcută.

Acest neajuns se poate înlătura printr'un cuplaj inductiv între cele două lămpi, cu primarul dezacordat şi secundarul acordat. Raportul de transformare se determină de obiceiu experimental.

Amplificarea în joasă frecvenţă

Distingem două cazuri:

1. Amplificarea de tensiune (care se face după detecţie şi înainte de lampa finală), şi

2. Amplificarea de putere, produsă de lampa finală pentru alimentarea difuzorului.

Amplificarea de tensiune se bazează pe formulele stabilite anterior.

Cuplajul se face sau *prin rezistenţă* (capacităţile parazite nu mai stingheresc funcţionarea montajului întru cât la frecvenţele joase reactanţa lor este foarte mare) sau *prin transformatori*

Este evident că nu se poate întrebuinţa caplajul prin circuit acordat căci nu se amplifică o singură frecvenţă ci o întreagă gamă de frecvenţe (cam dela 30—10.000).

Cuplarea prin rezistenţă dă o amplificare uniformă dar relativ mică, pe când cuplajul prin transformatori dă o amplificare mai mare (din cauza raportului de transformare şi a tensiunii mai ridicate care ajunge la anodă)

şi dacă este bine construit nu deformează în mod apreciabil.

Să vedem cum se determină valorile pentru cuplajul prin rezistenţă (fig 211).

Amplificarea este dată de

$$A = \frac{k\,R_E}{R_E + R_L}$$

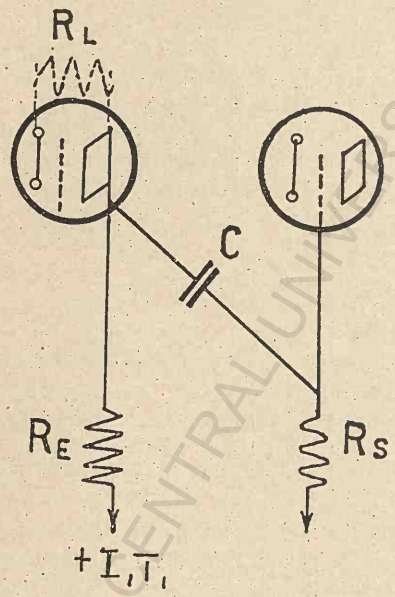


Fig. 211. — Cuplaj prin rezistenţă pentru joasă frecvenţă

Avem aşa dar tot interesul ca rezistenţa exterioară să fie cât mai mare. Dar mărind-o prea mult, reducem tensiunea disponibilă la placă şi astfel pierdem din amplificare precum se poate vedea în fig. 150. Se stabileşte un compromis luând de obicei rezistenţa exterioară egală cu de două ori rezistenţa interioară a lămpii.

Condensatorul C îndeplineşte dubla funcţiune de a izola sita de înalta tensiune a plăcii şi de a trece semnalele dela placă la sită. S'ar părea că acest condensator trebue să fie cât mai mare pentru a permite o trecere cât mai uşoară a semnalelor. Dar condensatorul nu este izolat, căci trebue să fie legat de rezistenţa de sită R_S (care serveşte la scurgerea electronilor ce se îngrămădesc pe

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

sită; fără ea sita ar deveni prea negativă și ar paraliza lampa). Condensatorul C poate urma fluctuații de frecvențe cu atât mai ridicate cu cât produsul $C \times R_S$ este mai mic. Deci acest produs trebue redus. Dar R_S șuntează rezistența de cuplaj și ca atare R_S nu se poate face prea mic căci reduce semnalul.

R are de obiceiu valori cuprinse între 0,25—1 megohmi, iar C are cel mult 0,1 μF.

In concluzie, amplificarea ce se obține cuplând prin rezistență, depinde în primul rând de factorul de amplificare al lămpii. Acesta trebue să fie cât mai mare.

De notat că în montajul de mai sus se poate înlocui rezistența de cuplare printr'o bobină de șoc cu fier. Această piesă este mai scumpă, mai voluminoasă, dar absoarbe mai puțină tensiune anodică decât rezistența.

Cuplajul prin rezistență se întrebuințează astăzi în mod aproape exclusiv la cuplarea lămpilor finale a receptoarelor de sector.

Cuplarea prin impedanță (fig. 212).

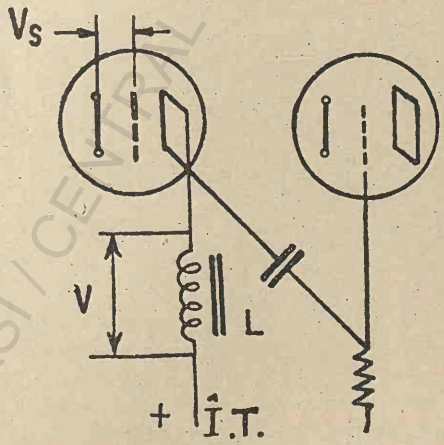


Fig. 212.— Cuplaj prin impedantă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru a reduce pierderea de tensiune din rezistenţa R_E (fig 211) aceasta poate fi înlocuită cu o impedanţă, de obiceiu o bobină de şoc.

Considerând rezistenţa impedanţei mică faţă de rezistenţa lămpii, putem deduce amplificarea de voltaj astfel:

Tensiunea V la bornele inductanţei este $I\,\omega\,L$, dar

$$I = \frac{k\ V_s}{\sqrt{R^2_L + (\omega L)^2}}$$

şi amplificarea de voltaj e

$$\frac{V}{V_s} = \frac{k\ \omega L}{\sqrt{R^2_L + (\omega L)^2}}$$

Cuplarea prin transformatori (fig. 213). Aci trebuesc precizate două date mai importante, numărul de spire şi raportul de transformare.

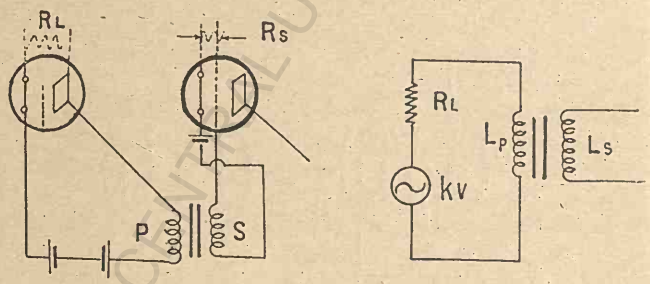


Fig. 213.—Cuplaj prin transformator de jousă frecvenţă

Numărul de spire din primar trebue să fie atât de mare încât să aibă o reactanţă care să depăşească cu mult rezistenţa interioară a lămpii, — chiar şi pentru frecvenţele cele mai joase. Numai astfel se pot păstra aceste frecvenţe precum se vede imediat din schema echivalentă (fig. 213) precum şi din următorul exemplu numeric.

BOSTON UNIVERSITY LIBRARY

Să se determine inductanța L_P ca notele cele mai joase, de 16 cicli pe secundă, să fie reduse numai la 70% din amplificarea teoretică maximă. Rezistența interioară a lămpii este de 10.000 ohmi.

Avem amplificarea teoretică maximă a primei lămpi egală cu kV_s (k fiind factorul de amplificare și « V_s » voltajul aplicat pe sită.

Pentru a satisface condițiile cerute,

$$\frac{\text{reactanța } L_P}{\text{reactanța rezultantă } (R_L + L_P)} = \frac{\omega L_P}{\sqrt{R_L^2 + (\omega L_P)^2}} = \frac{70}{100}$$

Inlocuind cu valorile date mai sus, găsim

$$L_P = 100 \text{ henry.}$$

De fapt, constructorii de aparate nu sunt atât de exigenți. Inductanța primarului nu are de obiceiu mai mult de 20, 30 sau 40 henry.

Cum acest bobinaj primar trebue să ducă și curentul anodic, grosimea firului nu poate fi redusă sub o anumită limită, iar transformatorul devine voluminos.

Dar alimentarea anodică se poate face și printr'o bobină de șoc separată și în acest caz se reduc dimensiunile transformatorului.

Raportul de transformare se deduce din condiția stabilită în capitolul VI pentru a obține transferul maxim de putere: rezistența sursei trebue să fie egală cu rezistența sarcinii.

Rezistența sursei e rezistența interioară a lămpii R_L, — (omițând primarul), iar rezistența sarcinii e rezistența reflectată din secundar, adică rezistența filament-sită R_S împărțită cu n^2, « n » fiind raportul de transformare.

Avem așa dar $R_P = \dfrac{R_S}{n^2}$

și dacă luăm de exemplu următoarele valori

$$R_P = 40.000 \text{ ohmi}$$
$$R_S = 1.000.000 \text{ ohmi}$$

avem $n^2 = \dfrac{1.000.000}{40.000} = 25$ sau $n = 5$

In general raportul de transformare variază între 3 și 5.

Amplificarea de voltaj obținută prin transformator se poate deduce din schema echivalentă reprezentată în fig. 213.

Voltajul V_P disponibil la bornele primarului este în același raport față de voltajul total kV, ca rezistența reflectată $\dfrac{R_S}{n^2}$ față de rezistența întregului circuit. Adică

$$\frac{V_P}{\text{kV}} = \frac{\dfrac{R_S}{n^2}}{R_L + \dfrac{R_S}{n^2}} = \frac{R_S}{R_L\, n^2 + R_S} \qquad (1)$$

sau

$$V_P = \frac{\text{kV}\ R_S}{R_L\, n^2 + R_S}$$

dar pe sita lămpii a doua avem un voltaj de $n\ V_P$, «n» fiind raportul transformatorului.

Inmulțind relația(1) cu «nk» obținem expresia amplificării de voltaj

$$\frac{n\, V_P}{V} = \frac{n\ k\ R_S}{R_L\, n^2 + R_S}$$

De aci rezultă că amplificarea de voltaj depinde de «k», și de «R_s», și că amplificarea limită e de «nk».

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Prin urmare prima lampă trebue să aibe un factor de amplificare mare, iar a doua lampă trebue să aibe o rezistenţă mare între sită şi catodă. Este bine înţeles de dorit ca şi această lampă să amplifice cât mai mult.

E interesant de relevat că în cazul cuplajului prin transformatori se poate obţine o amplificare *utilă* mai mare decât factorul de amplificare.

Construcţia transformatorilor de joasă frecvenţă este destul de dificilă, căci trebuesc să lucreze pe o gamă de frecvenţă foarte întinsă (30—5000 cel puţin) şi să le amplifice uniform. Cu alte cuvinte trebuesc evitate fenomenele de rezonanţă.

Dar nu numai fidelitatea, ci şi tăria audiţiei depinde de calitatea transformatorului întru cât amplificarea teoretică poate fi mult redusă de o construcţie defectuoasă (spire insuficiente, izolare defectă, etc.).

Pentru a reduce dimensiunile transformatorilor de joasă frecvenţă se poate modifica montajul în aşa fel ca alimentarea anodică să se facă pe altă cale printr'o bobină de şoc. In acest caz primarul transformatorului rămâne numai purtător de semnal.

Amplificarea de putere

Ultima lampă a unui aparat de recepţie alimentează difuzorul şi ca atare trebue să debiteze cât mai multă energie.

Pentru aceasta trebuesc determinaţi doi factori: sarcina optimă şi punctul de funcţionare (negativarea sitei).

Să exprimăm întâi puterea disponibilă pe sarcină întrebuinţând formulele stabilite anterior.

Amplificarea de voltaj este dată precum am văzut de formula

$$\frac{k\ R_E}{R_E + R_L} \qquad (1)$$

iar intensitatea curentului în sarcină este

$$I = \frac{E}{R} = \frac{\dfrac{k\ R_E}{R_E + R_L}}{R_E} \qquad \text{(II)}$$

Aşa dar produsul acestor două expresii ne dă puterea disponibilă pe sarcină, exprimată în waţi, căci $V \times I = W$, pentru o variaţie de potenţial de 1 volt pe sită.

Avem

$$\frac{k\ R_E}{R_E + R_L} \times \frac{\dfrac{k\ R_E}{R_E + R_L}}{R_E} = \frac{k^2\ R_E}{(R_E + R_L)^2}.$$

Prin diferenţiere găsim că această expresie are o valoare maximă când

$$R_E = R_L$$

Aşa dar sarcina trebue să fie egală cu rezistenţa interioară a lămpii conform legii generale enunţată în capitolul VII.

Sarcina astfel găsită este reprezentată printr'o dreaptă, (fig. 214) care începe dela tensiunea maximă admisă pe anodă, în cazul de faţă 300 volţi. Inclinaţia acestei drepte trebue să corespundă cu rezistenţa sarcinii, să zicem 15.000 ohmi. Avem în acest caz

$$\frac{300\ V}{x} = 15.000 \text{ ohmi}$$

$x = 0{,}02$ *amperi*

Astfel găsim punctul de întretăiere C.

Şi acum putem răspunde şi la a doua parte a problemei, determinând punctul de funcţionare. Acesta va fi la mijlocul dreptei AC, adică la B.

Dacă verificăm însă această concluzie vedem că nu poate fi acceptată fiindcă lampa ar produce grave distorsiuni;

1. Fiindcă oscilația trece de curba *O*, ceea ce înseamnă că intrăm în zona în care sita este pozitivă și că prin urmare va absorbi curent.

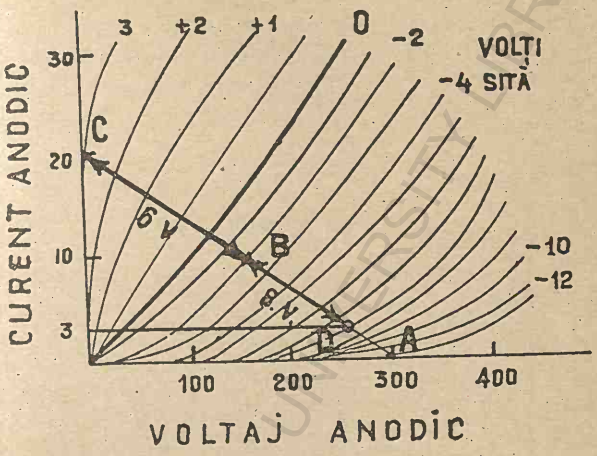


Fig. 214. — Amplificarea de putere, cu o triodă

2. O anumită fluctuație de tensiune pe sită nu produce aceeași fluctuație de curent anodic în alternanța pozitivă și negativă. Astfel dacă în figura 214 potențialul sitei crește cu 6 V ajungând în punctul *C*, curentul anodic crește cu 10 MA și când potențialul sitei scade tot cu 6 V (punctul *D*), curentul anodic scade numai cu 7 MA.

Un studiu teoretic mai aprofundat arată și practica adevărește că sarcina optimă pentru triode este de două ori rezistența interioară a lămpii. Pentru lămpile cu 4 și 5 electrozi nu există o relație atât de simplă. La pentode se poate aplica cu oarecare aproximație relația

$$\text{Rezistența sarcinii} = \frac{\text{voltaj anodic}}{\text{curent anodic}}.$$

ceea ce reprezintă cam $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ din rezistența interioară a lămpii.

Și în cazul pentodei, sarcina se reprezintă tot ca mai sus printr'o dreaptă a cărei înclinație exprimă rezistența (fig. 215), iar punctul de plecare este tensiunea maximă admisă de lampă.

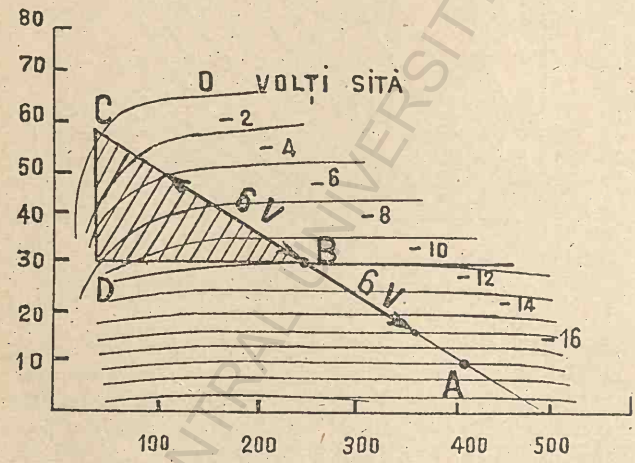


Fig. 215. — Amplificarea de putere, cu o pentodă

Punctul de funcționare B va trebui să fie la mijlocul dreptei AC, C fiind hotarul dincolo de care sita devine pozitivă — zona interzisă pentru amplificare.

Dacă în felul acesta am eliminat deformarea datorită curentului de sită, să vedem cum rămâne cu deformarea cealaltă dela punctul 2 care rezultă din asimetria curentului produs de o oscilație de tensiune simetrică.

Să considerăm o fluctuație de 6 volți. Aceasta produce variații de 28 MA în plus și 12 MA în minus. Avem adică

o deformare. Dar dacă deformarea este mai mică de 5% poate fi tolerată, întru cât urechea nu o percepe. Această deformaţie corespunde cu fluctuaţii care variază în raportul de 9 la 11.

Trebue să calculăm acum puterea disponibilă în cazul considerat mai sus. Aceasta va fi egală cu

$$I \text{ eficace} \times V \text{ eficace} = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}} \times \frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{I_{MAX} \times V_{MAX}}{2} \text{ WAŢI}$$

adică suprafaţa triunghiului $B\ C\ D$.

In concluzie, determinarea condiţiilor de funcţionare este o problemă complexă. Relaţia dată mai sus pentru sarcina optimă (egală cu de două ori rezistenţa lămpii în cazul triodei şi 1/5 din rezistenţa lămpei în cazul pentodei) sunt doar indicaţii aproximative. Şi pentru a obţine puterea maximă cu o deformaţie de 5%, punctul de funcţionare nu mai trebue să fie în mijlocul dreptei $A\ C$ din fig. 214 şi fig. 215 ci trebue căutat. Sarcina şi punctul de funcţionare se pot determina aşa dar printr'o serie de încercări destul de migăloase. Dar această operaţie nu revine consumatorului de lămpi, ci fabricantului, care indică valorile găsite odată cu celelalte caracteristici ale lămpii.

Comparaţie între triodă şi pentodă

Din fig. 216 reiese că pentru a obţine acelaşi debit în difuzor (4,2 waţi) adică aceeaşi audiţie trebue să alimentăm anoda cu 15 waţi în cazul triodei şi numai cu 9 waţi în cazul pentodei. Mai mult decât atât, amplitudinea semnalului aplicat pe sită trebue să fie de 30 volţi eficace în cazul triodei şi numai de 4 volţi eficace în cazul pentodei

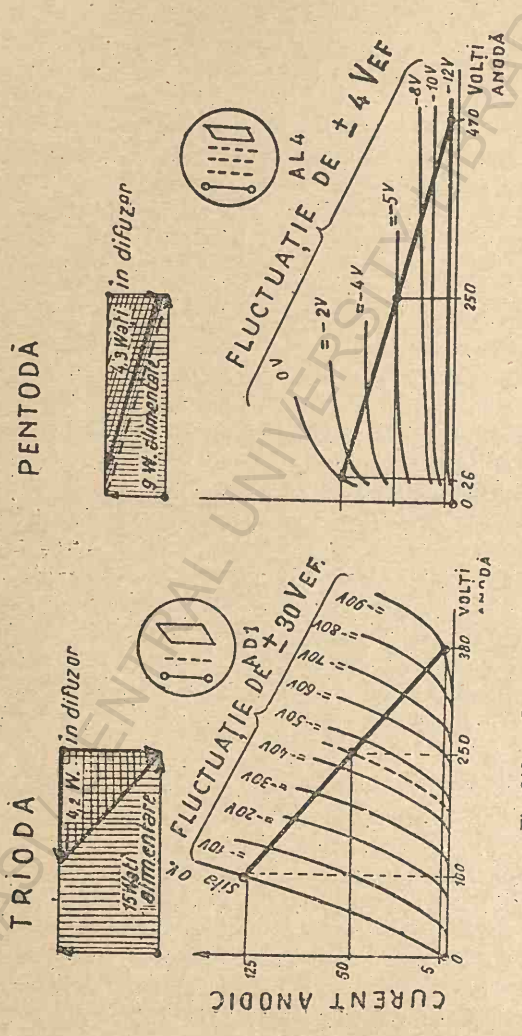


Fig. 216 — Comparație între triodă și pentodă ca amplificatori de putere

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(precum se vede în figură, aceste amplitudini corespund cu variaţii de voltaj de aproximativ 90 V şi 12 V).

Aşa dar pentoda are un randament de 60% superior şi dă o amplificare de 7,5 ori mai mare decât trioda.

Aceste cifre au fost determinate cu lămpi reprezentative pentru fiecare categorie şi ca atare pot fi considerate ca valori normale. De aci rezultă marea superioritate a pentodei care a determinat întinsa ei întrebuinţare ca lampă finală.

Pentoda prezintă însă neajunsul de a introduce oarecari deformări faţă de triodă.

Aceste deformări rezultă în primul rând din neegalitatea intervalelor la care se întretaie caracteristicile cu dreapta care reprezintă rezistenţa sarcinei. Aceasta se vede în fig. 216.

In al doilea rând rezistenţa interioară a pentodei e mult mai mare decât rezistenţa triodei şi ca atare pentoda introduce o amortizare mai mică, aşa dar deniveleazǎ mai puţin iregularităţile amplificărei în joasă frecvenţă (inevitabila favorizare a anumitor frecvenţe prin fenomene de rezonanţă). Dar acest neajuns s'a remediat în ultimul timp prin introducerea reacţiei negative (vezi capitolul respectiv).

Totuşi, aparatele cele mai bune, în care nu contează nici consumaţia nici costul pieselor, întrebuinţează ca lampă finală trioda, — de obiceiu două triode montate în push-pull.

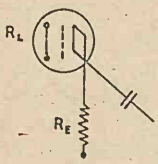
Tabloul formulelor de amplificare

Pentru a rezuma cele de mai sus, iată amplificările de voltaj obţinute cu diferitele cuplaje (fig. 217).

Determinarea liniei de funcţionare

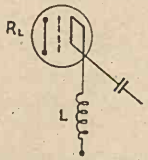
Spre a determina funcţionarea lămpilor pe caracteristicele lor, se procedează astfel (fig. 318): se determină întâiu punctul în jurul căruia funcţionează lampa, adică

AMPLIFICARE CU:



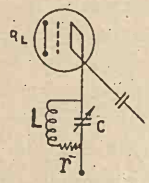
$$A = \frac{k\,R_E}{R_E + R_L}$$

REZISTENTĂ



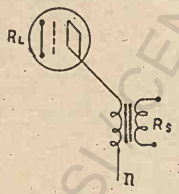
$$A = \frac{k\,\omega\,L}{\sqrt{R_L^2 + (\omega L)^2}}$$

IMPEDANȚĂ



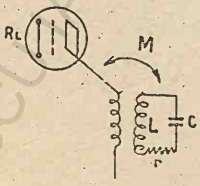
$$A = \frac{k\,L}{L + C\,r\,R_L}$$

REZONANTĂ
SAU CIRCUIT DE BLOCARE
(SE INLOCUEȘTE R_E
DIN PRIMA FORMULA PRIN
REZISTENȚA DINAMICA $\frac{L}{Cr}$)



$$A = \frac{k\,n\,R_S}{R_L\,n^2 + R_S}$$

TRANSF. DE J. F.



$$A = \frac{k\,\omega^2\,M}{R_L\,r + \omega^2\,M^2}$$

TRANSF. DE Î. F.

Fig. 217. — Amplificarea de voltaj (A), obținută cu diferite cuplaje. («k» e factorul de amplificare al lămpei)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

întretăierea tensiunei de sită (care a fost determinată) cu tensiunea pe anodă. Tensiunea sau voltajul pe anodă e egal cu voltajul de alimentare, minus pierderea de voltaj în rezistența de utilizare din circuitul anodic.

In fig. 218 *a*, rezistența ohmică a bobinei circuitului oscilant e neglijabilă și ca atare se reprezintă printr'o dreaptă verticală, plecând dela tensiunea de alimentare, 250 volți. Intretăierea acestei drepte cu caracteristica lămpei care reprezintă sita la — 6 volți dă punctul în jurul căruia funcționează lampa.

In fig. 218 *b*, avem rezistența primarului de 4000 ohmi, deci o dreaptă care pornește dela 250 volți dar cu înclinația de

$$4000 \text{ ohmi} = \frac{40 \text{ V}}{0{,}01 \text{ A}}$$

Și în cazul acesta găsim întretăierea cu caracteristica de — 6 volți.

In fig. 218 *c*, avem o rezistență de cuplare de 120.000 ohmi, găsim înclinația de

$$125.000 \text{ ohmi} = \frac{250}{0{,}002}$$

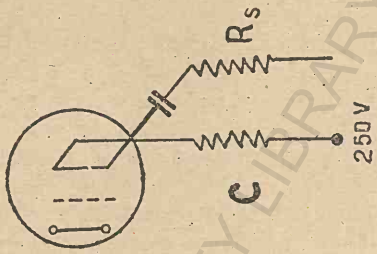
Să trecem acum la determinarea dreptelor de funcționare.

In cazul « *a* » rezistența dinamică a circuitului oscilant la rezonanță $\left(\text{adică } \frac{L}{C\,R}\right)$ este să zicem de 150.000 ohmi. Trasăm dreapta cu înclinația corespunzătoare prin punctul determinat anterior.

In cazul « *b* » să presupunem o reactanță de 50.000 ohmi.

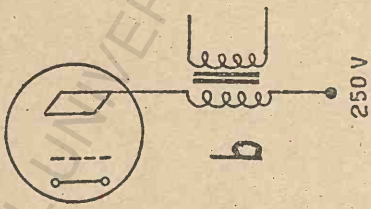
Iar cazul « *c* » rezistența de 120.000 ohmi din circuitul anodic este montată în paralel cu o altă rezistență, spațiul filament-sită al lămpei următoare pe care o evaluăm la 700.000 ohmi.

Aceste două rezistenţe montate în paralel (120.000 şi 700.000 ohmi) dau o rezistenţă rezultantă de aproximativ 100.000 ohmi care este dreapta căutată.

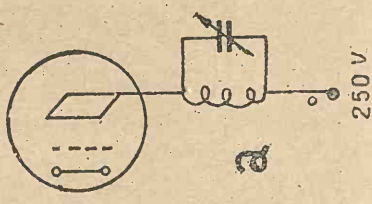


Amplificare de putere clasa B

Fig. 205 şi 206 reprezintă montajul push-pull în care se întrebuinţează două lămpi montate în opoziţie de fază, care amplifică fiecare în clasa *B*. Cu alte cuvinte alternanţele pozitive sunt amplificate de o lampă şi alternanţele negative sunt amplificate de lampa cealaltă.



Aceste amplificări se continuă, «se înnădesc», precum se poate vedea în fig. 206.



Sistemul acesta prezintă o serie de avantaje:

1. Consumaţia curentului anodic, este aproape zero în pauză, căci în acest caz punctul de funcţionare se află în cotul inferior al caracteristicelor celor două lămpi, —

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

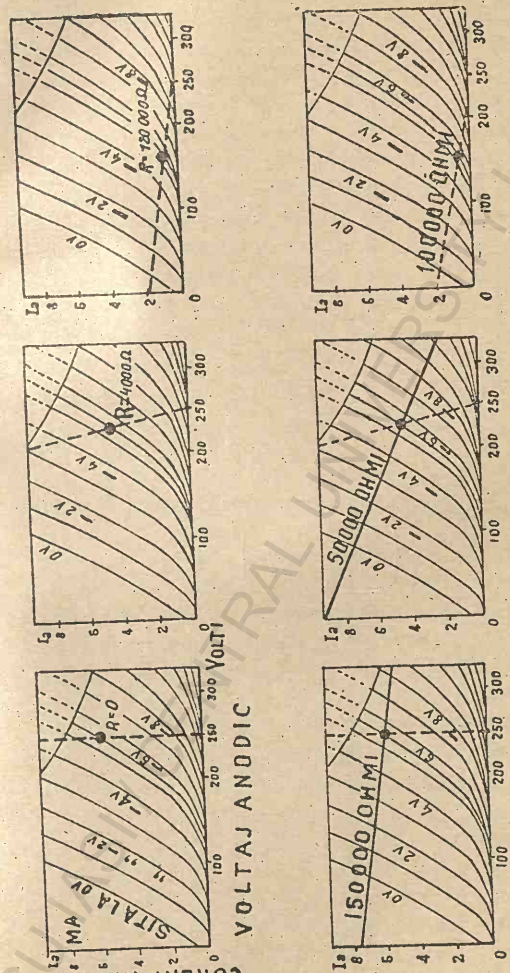


Fig. 218. — Determinarea punctului de funcționare și determinarea dreptei pe care funcționează lampa în diferite cazuri

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

și consumația este proporțională cu intensitatea semnalelor.

2. Lampa se încălzește mai puțin, poate suporta tensiuni anodice mai mari.

3. Transformatorul 1 din fig. 205 poate fi mic, căci magnetizarea se produce numai de semnal nu și de curentul anodic al cărui efect se anulează prin ramificația sa în cele două bobinaje de sens invers.

4. Perturbațiile care vin pe alimentarea de înaltă tensiune sunt anulate (inducții parazite, sgomot de sector, etc.).

5. Deformațiile care rezultă din armonicele de gradul II produse de o lampă se anulează prin deformări egale și de sens contrar produse de lampa cealaltă. Așa dar amplificarea poate fi împinsă mult mai departe, cu alte cuvinte se obțin semnale mai puternice cu o lampă data fără a introduce deformări.

Armonicele de gradul 3 nu se anulează, dar sunt mult mai puțin importante decât cele de gradul 2.

Puterea disponibilă la ieșire pentru fiecare volt pe sită este

$$\left(\frac{2\,k}{2\,R_L + R_E}\right)^2 R_E$$

expresie care reprezintă o amplificare mai mare decât am arătat mai sus pentru o lampă.

La aceasta se mai adaugă faptul că putem aplica fluctuații de voltaj mult mai mari în cazul push-pull, precum am arătat mai sus.

Montajul de mai sus prezintă o serie de variante.

Avem mai întâi soluția considerată aci, cu două triode. Dar în loc de triode se pot întrebuința pentode: astfel se obține cea mai mare amplificare și cel mai mare randament, care poate atinge valoarea de 78,5%.

Pentru a mări randamentul triodelor, ele pot fi întrebuințate într'o zonă mai întinsă, până în regiunea pozitivă a sitelor. Se poate admite adică, apariția curentului de sită. In acest caz însă, lampa precedentă (*I* fig. 205)

devine o amplificatoare de putere și transformatorul *T* trebue să satisfacă o serie de deziderate (trebue să coboare tensiunea, trebue să aibă o impedanță foarte redusă în secundar, etc.). Deși randamentul acestui sistem este foarte bun, totuși soluția cu două pentode, fără curent de sită, este superioară.

Lămpile întrebuințate pentru amplificarea în clasa B, în push-pull, se montează de obiceiu într'un singur balon de sticlă, și sunt triode duble, sau pentode duble.

CAPITOLUL XVIII

OSCILAȚIA

Proprietatea lămpilor de a produce oscilații este a treia funcțiune fundamentală, după detecție și amplificare.

Producerea oscilațiilor este de fapt urmarea imediată a facultății lor de a amplifica.

Mecanismul întreținerii oscilațiilor

Mecanismul prin care se produc și se întrețin oscilațiile într'o lampă este acelaşi pe care-l avem la ceasuri, la mașini cu aburi, și alte dispozitive mecanice.

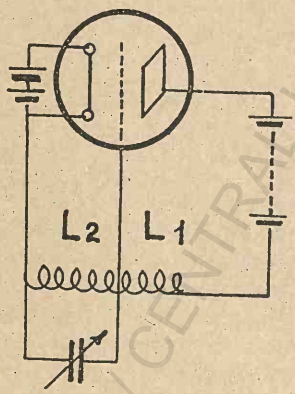
In definitiv, pentru a întreține oscilația trebue să avem o sursă de energie care să fie închisă și deschisă periodic printr'un element de comandă legat de un sistem oscilant,

Un ceas are ca sursă de energie un arc, are ca element de comandă eșapamentul care liberează în mod periodic energia înmagazinată de arc, iar eșapamentul este legat de sistemul oscilant care este format din pendul sau balansor.

In cazul lămpii de radio, sursa de energie este bateria anodică, iar debitul ei este comandat de sită care acționează întru câtva ca un întrerupător, legat de circuitul electric oscilant (format din capacitate și inductanță). După valorile ce se atribue circuitului oscilant se pot obține aproape orice frecvențe.

Oscilațiile considerate aci se întrețin în mod automat precum am văzut mai sus, dar și pornesc singure.

Intr'adevăr dacă se produce un curent cât de slab în circuitul oscilant (prin inducție, prin aprinderea lămpii, etc.), curentul acesta determină un curent de intensitate mai mare în circuitul anodic care reacționează la rândul său asupra sitei în care produce un curent mai mare decât cel inițial ș.a.m.d. Prin urmare se produce o reacție între sită și placă, așa încât amplitudinea oscilațiilor crește foarte repede (într'o infimă fracție de secundă) până ajunge la limita determinată de caracteristica lămpii și de tensiunea de alimentare. Adică de curentul maxim pe care îl poate da lampa, curentul de saturație. Astfel se ajunge la regimul stabil de oscilație.



Fg. 219. — Lampă oscilatoare

Există nenumărate montaje pentru producerea oscilațiilor cu lămpile de radio. In fond trebue să avem întotdeauna un circuit oscilant, care este legat fie de sită fie de placă, sau și de sită și de placă în același timp. In al doilea rând avem întotdeauna o legătură (de obiceiu inductivă) între sită și placă, spre a trece energia necesară pentru comutare, dela placă la sită Astfel curentul de placă schimbă potențialul sitei în momentul potrivit, după cum pistonul unei mașini cu aburi deplasează sertărașul atunci când ajunge la sfârșitul cursei schimbând admisiunea aburilor.

Fig. 219 reprezintă montajul întrebuințat de obiceiu pentru întreținerea oscilațiilor. Aci ne interesează trei lucruri:

1. Condițiile necesare pentru întreținerea oscilațiilor.
2. Obținerea puterii maxime.
3. Obținerea randamentului maxim.

Pentru a întreține oscilațiile trebuesc satisfăcute două condițiuni:

a) Impulsurile să fie în sensul potrivit, — adică să ajute oscilațiile, să nu le frâneze.

b) Impulsurile transmise dela placă la sită să fie destul de puternice pentru a compensa pierderile ce survin în circuitul de sită.

Fig. 220 reprezintă relația de fază între potențialul sitei, potențialul anodic și curentul anodic. Se vede că pentru a întreține oscilațiile cuplajul trebue făcut în așa fel ca să avem în aceeași clipă maximum de curent anodic.

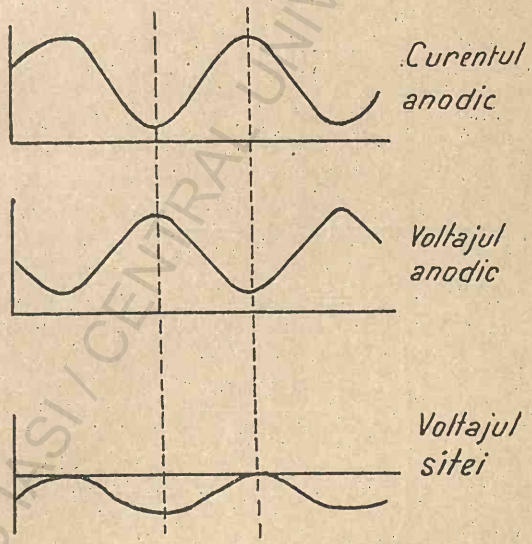


Fig. 220. — Relația de fază între potențialul sitei, anodei și curentul anodic

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cu maximum de tensiune de sită. Aceasta corespunde cu un anumit sens al bobinajului L_1 faţă de L_2. Anume, sensul trebue să fie invers, adică curentul care vine dela placă trebue să circule în sens invers faţă de curentul care vine dela sită. Cu alte cuvinte, L_1 trebue să fie bobinat în continuare cu L_2.

Condiţiile necesare pentru întreţinerea oscilaţiilor

Spre a examina acum relaţia necesară pentru întreţinerea oscilaţiilor vom simplifica problema admiţând că oscilaţiile au o amplitudine mică, că lampa are caracteristice drepte şi în sfârşit că impedanţa bobinei L_1 este mică faţă de rezistenţa interioară a lămpii.

Curentul alternativ de placă este

$$I_{PLACA} = \frac{k\,V}{R_L}.$$

în care V e voltajul alternativ aplicat pe sită, k factorul de amplificare şi R_L rezistenţa interioară a lămpii.

Iar voltajul indus în circuitul sitei e

$$I_{PLACA}\,M\,\omega = \frac{k\,V\,M\,\omega}{R_L}$$

M = cuplajul.

Şi curentul produs de acest voltaj prin rezistenţa r a circuitului oscilant e

$$I = \frac{k\,V\,M\,\omega}{r\,R_L}.$$

Inmulţind acest curent cu $\omega\,L_2$ sau $\frac{1}{C\,\omega}$ (aceste valori trebue să fie egale pentru frecvenţa de rezonanţă) găsim tensiunea produsă pe sită prin reacţie (căci $I\,R = E$).

Avem așa dar

$$V' = \frac{k\,V\,M}{r\,R_L\,C}. \qquad (1)$$

în care V' e tensiunea produsă pe sită prin reacție.

Lampa oscilează dacă

$$V' > V$$

Dar

$$\frac{V'}{V} = \frac{k\,M}{r\,R_L\,C} \text{ (împărțind relația (1) cu } V\text{).}$$

Așa dar, lampa oscilează dacă

$$k\,M > r\,R_L\,C.$$

Prin urmare dacă lampa nu oscilează trebue să mărim pe M sau să micșorăm pe r, R_L sau pe C.

In cazul montajului din fig. 221 care se întrebuințează de obiceiu la emisiune, lucrurile se prezintă puțin diferit.

Dăm numai rezultatele.

Circuitul osculant $L_1\,C$ considerat izolat, fără lampă, are o rezistență r, dar în montajul arătat rezistența semărește cu

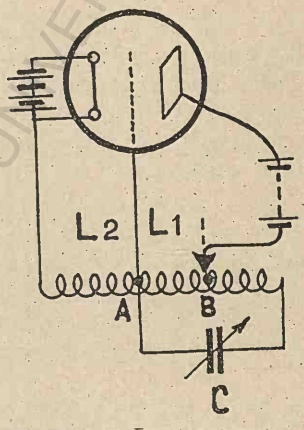


Fig. 221. — Un montaj obișnuit de emisiune

$$\frac{L_1 + k\,M}{C\,R_L} \text{ devenind } r + \frac{L_1 + k\,M}{C\,R_L}$$

Toate valorile din această expresie sunt pozitive, afară de M care poate fi și negativ. Dacă M este pozitiv rezis-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

tența circuitului oscilant este mărită, circuitul este amortizat. Dacă M este negativ, rezistența circuitului oscilant scade, putând ajunge la zero și chiar dincolo de zero, când lampa începe să oscileze. Avem în acest caz o *rezistență negativă*.

Așa dar condiția de oscilație este

$$r < \frac{L_1 + k M}{C R_L}$$

sau

$$M \geqslant - \frac{C R_L}{k} \left(r + \frac{L_1}{C R_L} \right).$$

De notat că și în prima expresie (pentru fig. 219) am găsit aceleași condițiuni generale.

Când ultima relație este satisfăcută, oscilațiile iau naștere și cresc până la amplitudinea limită determinată de caracteristicile lămpii și sursele de alimentare.

Frecvența este

$$F = \frac{I}{2\pi} \sqrt{\frac{r + R_L}{R_L} \times \frac{1}{L_1 C}}.$$

Cum însă termenul

$$\frac{r + R_L}{R_L}$$

este mic și în mod normal neglijabil, avem

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1 C}} \quad \text{(formula lui Thomson).}$$

Puterea maximă

Pentru a obține puterea maximă în circuitul oscilant, sarcina — adică impedanța circuitului oscilant, — trebue

să fie egală cu rezistența interioară a lămpii ca și în cazul amplificării (cap. XVII). Or, sarcina este rezistența dinamică a circuitului oscilant la rezonanță $R_{dinamic} = \frac{L}{Cr}$ [1]. Cum însă este greu de a varia raportul $\frac{L}{C}$ pentru a obține valoarea cerută, se recurge la o altă soluție mult mai simplă, priza mobilă din fig. 221. Sarcina devine în acest caz

$$\frac{\omega^2 L_1^2}{R}$$

în care L_1 este inductanța cuprinsă între A și B (fig. 221)[2].

Prin acest artificiu se obține sarcina dorită fără a dezacorda circuitul oscilant și fără a schimba raportul $\frac{L}{C}$.

Este de notat că în practică sarcina optimă este ceva mai mică decât rezistența interioară a lămpii.

In al doilea rând trebue potrivită și negativarea sitei în așa fel ca să cadă în mijlocul porțiunii drepte a caracteristicii. Negativarea sitei se poate face cu o baterie de negativare sau cu un potențiometru, dar se preferă con-

---

[1]) «r» este rezistența circuitului oscilant, rezistența în înaltă frecvență. In cazul când circuitul oscilant este cuplat de un alt circuit, de exemplu circuitul antenă — pământ, — atunci trebue să ținem seama și de rezistența reflectată de acest circuit, precum se arată amănunțit mai departe în capitolul «Emisia».

[2]) S'a ajuns la această formulă astfel:

La rezonanță $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ deci $C = \frac{1}{L\omega^2}$

valoare care s'a substituit în formula rezistenței dinamice la rezonanță.

densatorul şuntat (fig. 222). Rezistenţa este astfel dimensionată încât stăvileşte scurgerea electronilor tocmai cât trebue, pentru a obţine negativarea corectă pe sită; iar condensatorul serveşte ca punte de trecere pentru înalta frecvenţă.

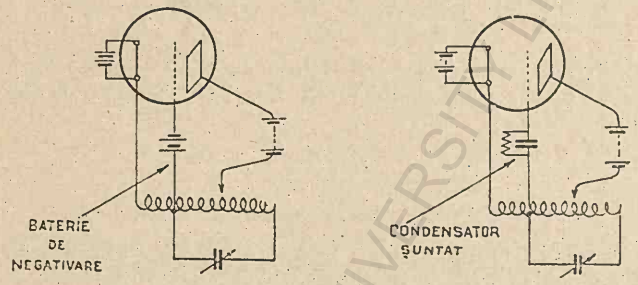


Fig. 222. — Negativarea sitelor

In sfârşit mai trebue reglat şi al treilea element, cuplajul între circuitul de sită şi de placă. Acest cuplaj nu trebue să fie nici prea strâns dar nici prea larg.

Puterea maximă ce se poate obţine este de 50% din alimentarea maximă. Aceasta înseamnă că jumătate din energia anodică e absorbită de lampă (încălzind placa) iar jumătatea cealaltă este transformată în curent alternativ.

Randamentul maxim

Acesta poate depăşi 50% putând atinge chiar 80—90%. Pentru aceste randamente foarte mari, lampa nu mai poate funcţiona ca auto-oscilatoare, ci trebue să primească impulsuri din afară devenind astfel lampă amplificatoare. Prin randament înţelegem raportul între puterea din circuitul oscilant, $I^2 R$, şi puterea de ali-

mentare anodică $I \times V$ (adică produsul între curentul anodic și voltajul anodic). De exemplu o lampă de putere care dă 7,5 wați ($I^2 R = 7,5$) în circuitul oscilant și e alimentată la 350 V cu 0,06 A are un randament de

$$\frac{7,5}{0,06 \times 350} = \frac{7,5}{21} = 0,357 \text{ adică } 35,7\%$$

In cazul când circuitul oscilant este cuplat de un alt circuit, de exemplu circuitul antenă — pământ, — atunci trebue să ținem seama și de rezistența reflectată de acest circuit, precum se arată amănunțit mai departe în capitolul întitulat « Emisia ».

De notat că în calculul randamentului *nu* intră consumația de filament, ci numai consumația anodică.

Prin urmare din 21 de wați înaltă tensiune, 7,5 wați se transformă în energie oscilantă. Dar ce se întâmplă cu restul de 21 — 7,5 = 13,5 wați? Acest rest de 13,5 wați se transformă în căldură încălzind anoda. Iată de ce anodele lămpilor de emisiune riscă să fie supraîncălzite și ca atare se iau de obiceiu măsuri speciale pentru răcirea lor.

La lămpile de emisiune se indică întotdeauna puterea ce se poate disipa pe anodă fără ca lampa să se strice.

Când căutăm să obținem randamentul maxim, alimentarea anodică scade, așa încât deși ajungem la un randament de peste 80% față de 50% cât aveam înainte, energia din circuitul oscilant este mai mică decât în acest din urmă caz.

Mărirea randamentului se obține prin deplasarea punctului de funcționare spre stânga, adică prin negativarea sitei. Avem prin urmare un amplificator clasa C.

Sita devine deci un fel de întreruptor care stabilește curentul anodic și îl întrerupe după un timp foarte scurt (fig. 223). Astfel curentul anodic nu mai circulă tot timpul și se realizează o economie simțitoare, prin care se mărește randamentul.

Circuitul oscilant care este legat de anodă, primeşte aşa dar impulsuri nesinusoidale, dar cum acestea sunt de foarte scurtă durată şi se produc în momentul potrivit, circuitul oscilant îşi continuă oscilaţia pe o curbă aproape sinusoidală.

Posturile mici de emisiune lucrează de obiceiu cu maximum de putere, iar posturile mari de emisiune cu maximum de randament.

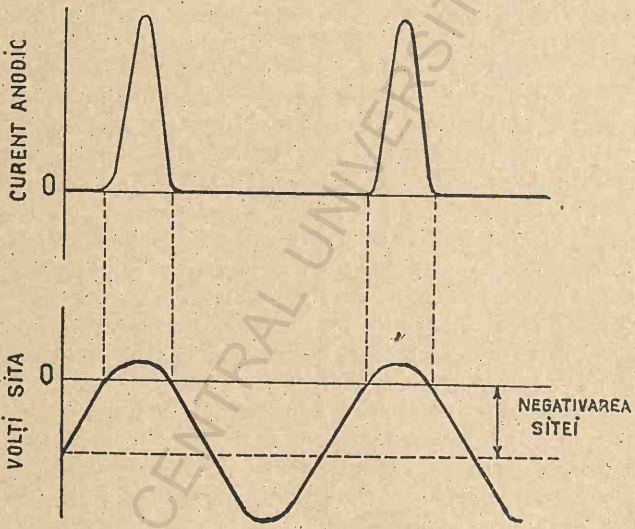


Fig. 223. — Forma oscilaţiilor de mare randament

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A V-a

RECEPȚIA

CAPITOLUL XIX

MONTAJELE IN GENERAL

Montaje cu o lampă, reacția

Ajunși aci suntem în posesia elementelor necesare pentru a construi un aparat de recepție.

Să considerăm întâi un aparat cu o lampă (fig. 224).

Avem în primul rând transformatorul de înaltă frecvență al antenei. Putem considera pentru moment cuplajul strâns, secundarul acordat. Numărul de spire al secundarului este stabilit de gama pe care vrem să o acoperim și de condensatorul de acord.

Rămâne să determinăm numărul de spire al primarului. Pentru aceasta aplicăm relația din Cap. VI, $n^2 = \frac{R_2}{R_1}$ în care « n » e raportul de transformare iar R_1 și R_2, rezistența primarului și a secundarului.

Dar în cazul de față nu ne interesează numai transferul de putere ci ne interesează și selectivitatea.

După cum rezistența din secundar se reflectă în primar, tot astfel și rezistența din primar se reflectă în secundar. Cu alte cuvinte rezistența circuitului de antenă R_1 apare în circuitul oscilant înmulțită cu n^2, avem adică $n^2 R_1$. Dar apariția unei rezistențe în circuitul oscilant

turtește curba de rezonanță. Rezistența reflectată în secundar apare în paralel pe circuitul oscilant și ca atare trebue să fie cât mai mare. Deci trebue să mărim raportul de transformare. Și cum am considerat secundarul fix, trebue să reducem numărul de spire din primar, adică din circuitul antenei.

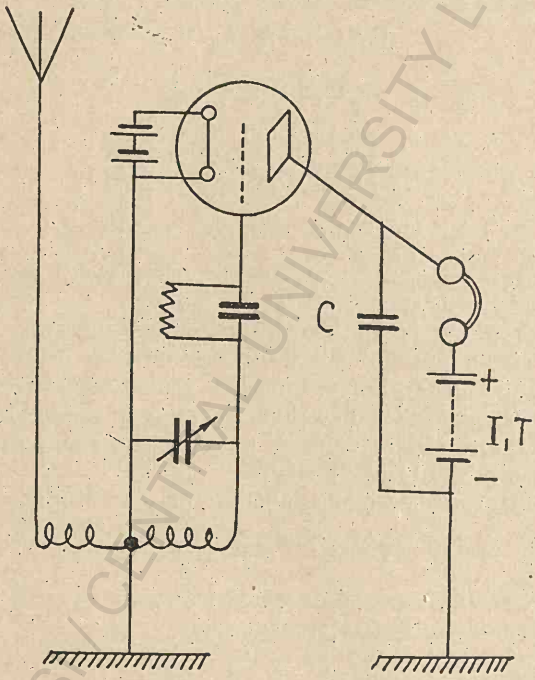


Fig. 224. — Un receptor cu o lampă

In concluzie, se va stabili un compromis sacrificând puțin din intensitatea semnalului pentru a mări selectivitatea. Raportul de transformare care se ia de obiceiu este cam de 1—3.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lampa primește așa dar semnalale de înaltă frecvență pe sită, le detectează prin condensatorul șuntat și alimentează casca.

Condensatorul de trecere *C*, scurt-circuitează voltajul de înaltă frecvență ce apare pe anodă prin efectul amplificator al lămpii. Fără această scurt-circuitare s'ar produce o scurgere, prin capacitatea placă-sită dând naștere unui curent nou, care ar produce o puternică amortizare a circuitului oscilant.

Reacția. Sensibilitatea și selectivitatea montajului considerat se poate mări mult prin introducerea reacției (fig. 225).

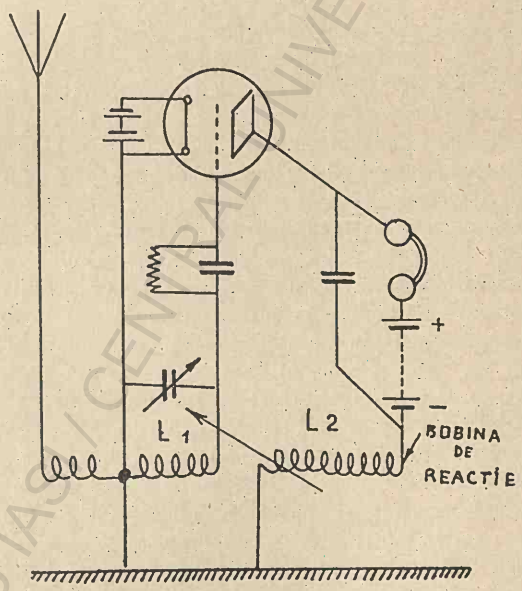


Fig. 225. — Un receptor cu o lampă și reacție

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Semnalul de înaltă frecvenţă amplificat din circuitul anodic este readus în circuitul oscilant prin cuplajul inductiv L_2, L_1 şi amplificat din nou, dacă bineînţeles sensul bobinajului e corect şi numărul de spire suficient (de obiceiu 2/3 din L_1). Astfel se măreşte semnalul iniţial.

Am văzut la studiul oscilaţiei că prin reacţia aceasta între circuitul anodic şi circuitul de sită, se reduce rezistenţa ohmică a circuitului oscilant, şi dacă rezistenţa scade sub zero, lampa începe să oscileze.

In cazul de faţă însă, ne interesează numai reducerea rezistenţei până în apropierea lui zero, — nu dincolo de zero. Este evident că prin micşorarea rezistenţei se măreşte atât intensitatea semnalului cât şi selectivitatea.

Micşorarea rezistenţei se reglează prin apropierea bobinelor L_2, L_1. Acest reglaj este destul de precis şi se schimbă cu lungimea de undă, adică un reglaj potrivit pentru o undă de 300 m, de exemplu, va fi insuficient pentru o undă de 400 m şi mai mult decât suficient pentru o undă de 250 m în sensul că pe această frecvenţă cuplajul considerat întreţine oscilaţii continue.

In loc de a regla reacţia prin deplasarea bobinei L_2 din fig. 225 se poate regla intensitatea curentului ce trece prin această bobină cu un condensator de reacţie (fig. 226). In acest caz bobina rămâne fixă.

Alimentarea de înaltă tensiune se face sau în serie cu bobina de reacţie, montaj Schnell, — sau în paralel cu bobina de reacţie, montaj Reinartz. Montajul Schnell e preferabil pe unde scurte (fig. 227).

Astăzi nu se mai reglează reacţia prin deplasarea bobinelor (fig. 225) întru cât acest sistem este greoiu din punct de vedere mecanic şi mai ales defectuos din punct de vedere electric. Intr'adevăr, deplasarea bobinelor desacordează circuitul oscilant în mod apreciabil. Şi condensatorul de reacţie C_R din fig. 227 produce o desacordare, dar mult mai mică.

Se mai întrebuințează și montajele de reacție din fig. 228, cunoscute sub numele de Hartley și Colpitts. Cuplajul dintre circuitul anodic și circuitul de sită este în ambele cazuri și inductiv și capacitiv.

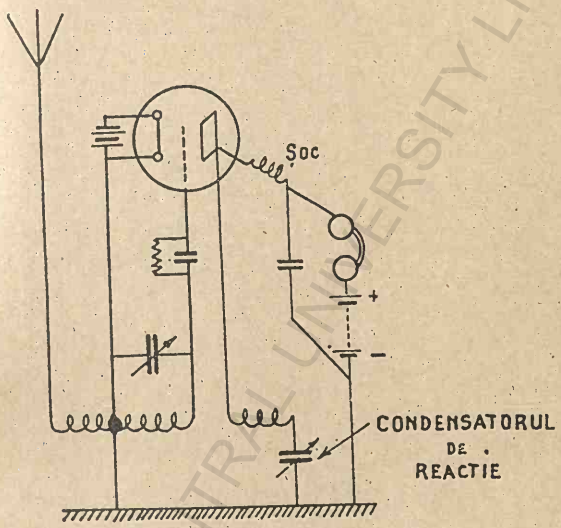


Fig. 226. — Reglajul reacției prin condensator

Reglajul reacției se face sau prin condensatorul (C_R) din fig. 228 sau de preferință prin reglajul tensiunii de sită-ecran, precum se poate vedea în fig. 229 care reprezintă unul din cele mai întrebuințate montaje de reacție pentru lămpile încălzite indirect.

Montajul Colpitts se întrebuințează pe o scară tot atât de întinsă ca și Hartley-ul, dar nu sub forma din fig. 228, ci sub forma din fig. 229.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

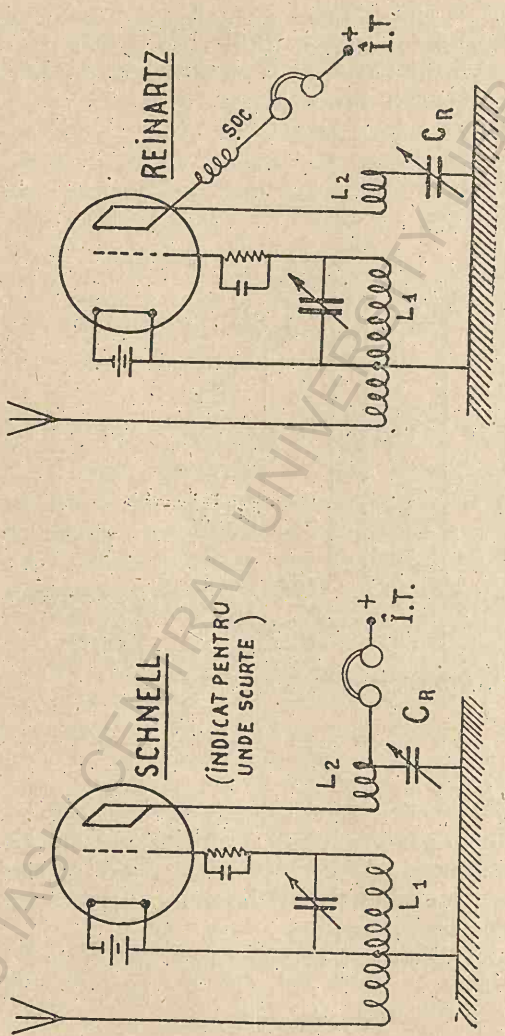


Fig. 227. — Două montaje de reacție obișnuite

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

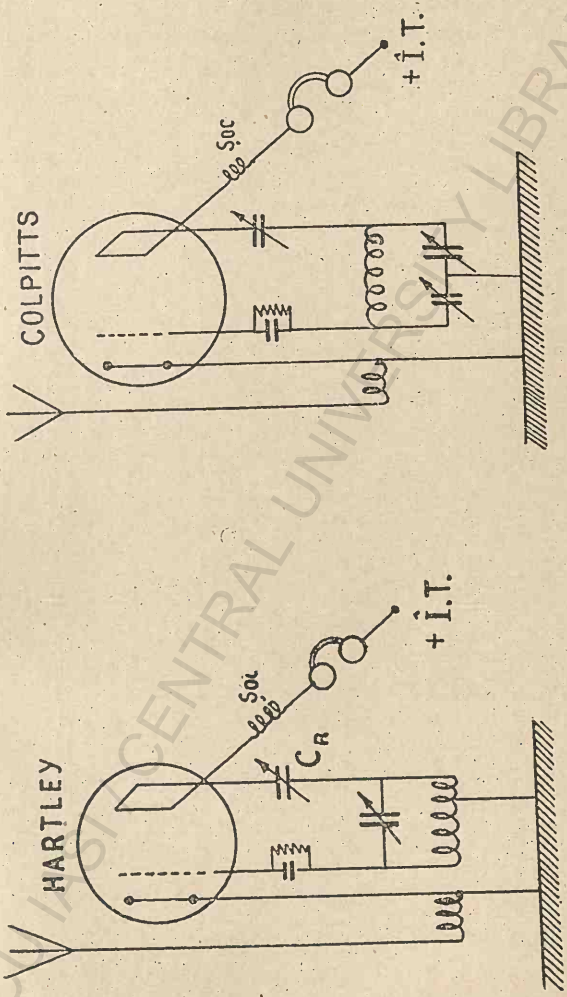


Fig. 228. — Reacția Hartley și Colpitts pentru lămpi încălzire direct

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

E de observat că orice montaj Hartley este întru câtva un montaj Colpitts din cauza capacităţilor între electrozii lămpii şi între piese.

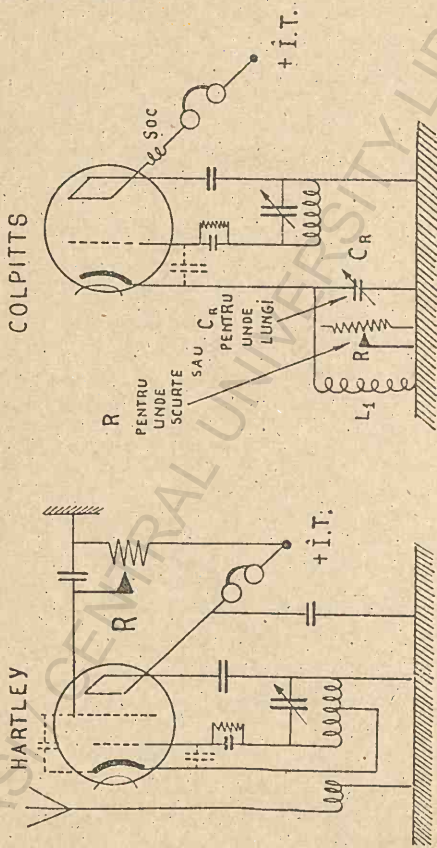


Fig. 229. — Reacţia Hartley şi Colpitts pentru lămpi încălzite indirect

Se întâmplă adeseori ca Hartley-ul să funcţioneze normal numai la sfârşitul gamei (pe unde lungi) iar la începutul gamei, pe unde scurte să funcţioneze în Colpitts

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Este evident că în acest caz funcționarea devine nestabilă și anormală în regiunea de mijloc unde se face trecerea dela un regim de funcționare la altul.

In montajul Colpitts din fig. 229 reacția se poate regla sau cu o rezistență variabilă R, soluție preferabilă pentru unde scurte — sau cu un condensator C_R, care dă rezultate mai bune pe unde mai lungi.

Trecerea energiei din circuitul anodic în circuitul de sită se face prin bobina L_1, care fiind legată între catodă și pământ se află și în circuitul anodic și în circuitul de sită (știut fiind că amândouă aceste circuite se închid la anodă).

Fig. 230 reprezintă o variantă a montajului Colpitts, pentru aparate de baterii.

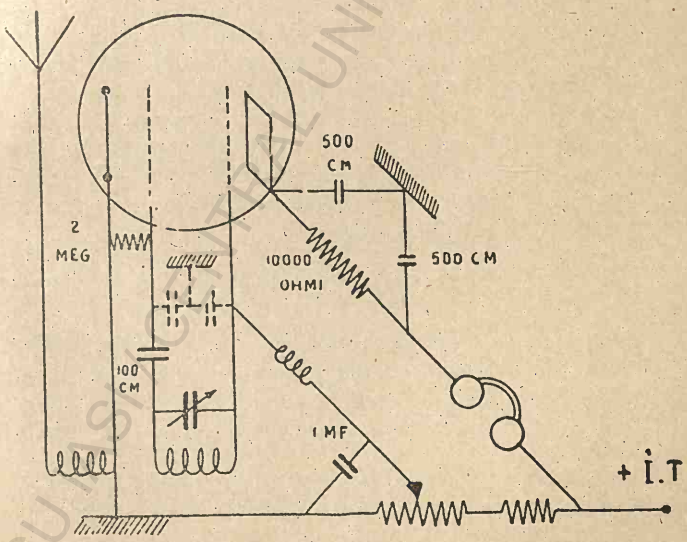


Fig. 230. — Schema completă a reacției Colpitts

Un bun montaj de reacţie trebue să satisfacă următoarele trei condiţii:

1. Reglajul reacţiei să nu desacordeze circuitul oscilant.
2. Trecerea dela reacţie la oscilaţie (amorsarea) să nu se facă brusc.
3. Punctul de amorsare să corespundă cu punctul de desamorsare.

In linii generale se poate spune că prima condiţie (desacordarea), depinde de montaj, pe când celelalte două condiţii sunt determinate de caracteristicele lămpii şi de voltajele ce i se aplică.

Rezultă că pentru o bună reacţie se vor căuta cele mai potrivite tensiuni pentru anodă şi site. Tensiunea anodică trebue de obiceiu redusă. Interesează de asemenea valorile întrebuinţate la detecţie, condensatorul şuntat, precum şi capacităţile reziduale.

Adăugarea unui condensator de circa 10—20 cm între sită şi catodă, sau între sita-ecran şi anodă, poate îmbunătăţi adesceori reacţia în mod simţitor.

In aceiaşi ordine de idei, cuplajul capacitiv al bobinelor de reacţie are o importanţă foarte mare. Aceasta se observă maiales la bobinele cu ferocart în care există o aşezare optimă a spirelor (deobicei trebuiesc suprapuse, nu aşezate în jghiaburi diferite).

Montaje cu 2 şi 3 lămpi

Montajele cu o singură lampă nu se prea întrebuinţează fiindcă adăugarea unei a doua lămpi, e o cheltuială mică pe lângă cheltuiala făcută pentru alimentarea primei lămpi, — şi a doua lampă îmbunătăţeşte foarte mult audiţia.

Mulţumită excelentelor lămpi moderne, un aparat simplu nu trebue să aibă mai mult de două, cel mult trei lămpi.

La aparatele din această categorie avem întotdeauna o detectrice cu reacţie. A doua lampă este sau o înaltă

frecvență și atunci se montează bineînțeles înaintea detectricei, (fig. 231) sau de obiceiu o joasă frecvență și atunci se montează după detectrice (fig. 232).

Inalta frecvență mărește sensibilitatea și selectivitatea aparatului, iar joasa frecvență întărește audiția.

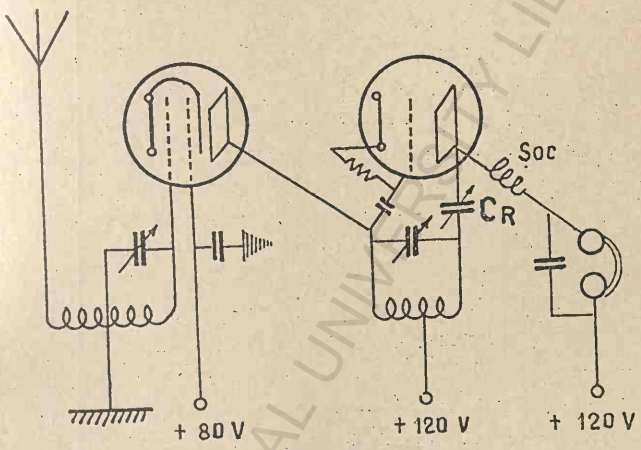


Fig. 231. — Receptor cu două lămpi

Evident că putem avea și o înaltă frecvență înainte de detectoare și o joasă frecvență după. S'ar putea monta și două înalte frecvențe, dar câștigul ar fi foarte mic întru cât aparatul ar avea tendința să oscileze. Pe de altă parte două joase frecvențe ar da mai mult de cât se cere pentru o audiție normală într'o cameră de locuit.

Constructorii se opresc de obiceiu la detectricea cu reacție urmată de o joasă frecvență.

Selectivitatea insuficientă a acestui montaj se corectează prin adăugarea unui filtru (sau chiar două filtre) pentru eliminarea postului local, (fig. 233). Spre a mări sensibilitatea, se prevăd mai multe prize de antene mulțu-

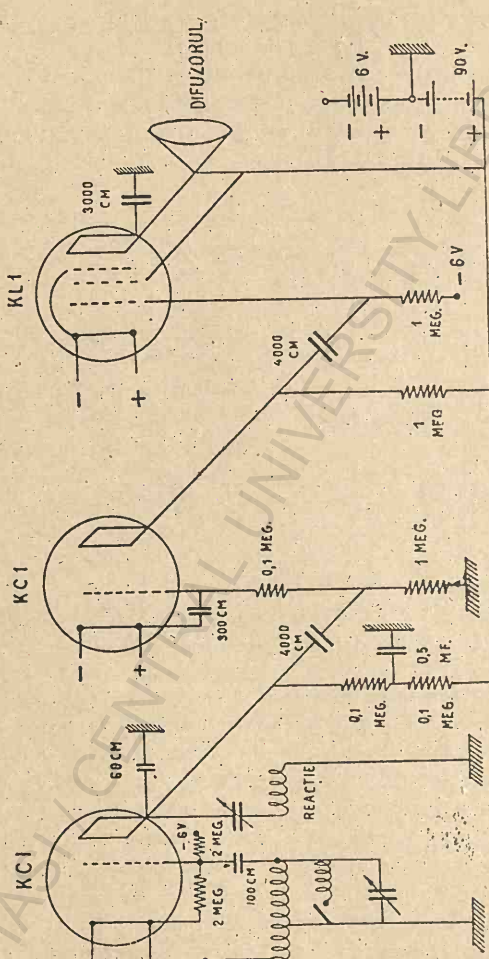


Fig. 232. — Receptor cu trei lămpi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

mită cărora se poate obţine întotdeauna cel mai bun cuplaj cu antena şi cel mai bun randament.

Acest cuplaj variabil serveşte şi la mărirea selectivităţii.

Am dat în fig 32 schema unui receptor cu trei lămpi la baterii şi în fig. 234 dăm schema unui receptor cu două

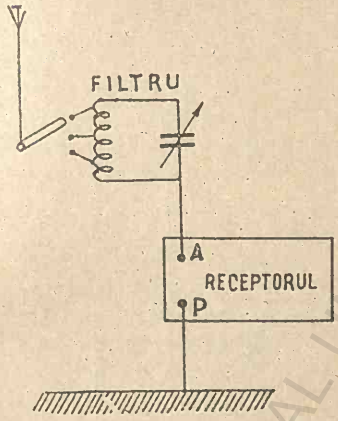


Fig. 233. — Filtru pentru eliminarea postului local

lămpi la priză, adică un 2 + 1[1]). Aparatul de priză e în general mai sensibil şi mai puternic decât aparatul de baterii, dar şi consumaţia de curent e mult mai ridicată.

In sfârşit, pentru a alimenta un difuzor se cere un debit mai mare şi de aceea se adaugă după detectoare o lampă de joasă frecvenţă, o triodă sau o pentodă.

[1]) Montajul din fig. 234 dă rezultate mai bune dacă odată cu schimbarea bobinelor, comutatorul mai îndeplineşte şi funcţiunea de a scurtcircuita bobinele neîntrebuinţate.

In sfârşit comutatorul mai poate fi întrebuinţat şi la deslegarea condensatorului de acord pentru a-l înlocui cu un alt condensator semireglabil acordat pe postul local. Astfel se obţine postul local prin simpla manevrare a comutatorului.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

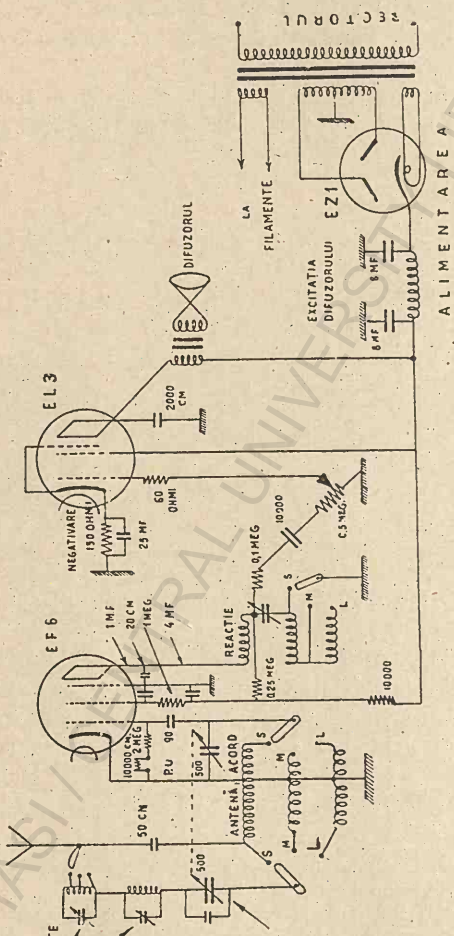


Fig. 234. — Schema unui receptor de sector

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Superheterodina

In montajele obișnuite considerate mai sus numărul de etaje de înaltă frecvență nu poate trece de obiceiu de 2, căci aparatul devine nestabil oricâte precauțiuni s'ar lua. Cu alte cuvinte nu se poate obține o amplificare mai mare căci aparatul începe să oscileze.

Acest neajuns se înlătură printr'un montaj special cunoscut sub denumirea de « superheterodină ».

Superheterodina se bazează pe principiul heterodinării, care a fost arătat în fig. 73. In rezumat am văzut că suprapunerea a două oscilații de frecvență f_1 și f_2 produce după detecție, o frecvență rezultantă F_R care satisface relația

$$f_1 - f_2 = F_R$$

Dacă f_1 este semnalul cules de antenă și f_2 este oscilația produsă în receptor, putem da lui F_R orice valoare prin simpla schimbare a lui f_2. Pe acest principiu se bazează recepționarea telegrafiei în unde întreținute. Undele întreținute (nemodulate) nu sunt perceptibile într'un receptor obișnuit pentrucă nu poartă semnale de joasă frecvență.

Pentru a le face perceptibile urechii se întrebuințează un oscilator local a cărui frecvență diferă de frecvența incidentă cu câteva sute de cicli pe secundă, sau câteva mii. Prin suprapunerea oscilației incidente pe oscilația locală se produce așa dar o frecvență de câteva sute sau câteva mii de cicli, perfect audibilă, prin hererodinare.

In practică nu e nevoie de un oscilator separat, întru cât undele întreținute pot fi recepționate cu o simplă detectoare cu reacție, (fig. 225). Strângând reacția puțin mai mult decât pentru telefonie, lampa începe să oscileze și produce heterodinarea necesară asupra semnalului incident, care trebue să pătrundă prin urmare într'un circuit puțin desacordat. Reglarea acordului produce în mod firesc schimbarea notei muzicale care rezultă din heterodinare.

Superheterodina servește de obiceiu la recepția telefoniei și ca atare în acest caz nu se poate admite o frecvență rezultantă audibilă care ar stânjeni recepția. Ca atare oscilația locală este astfel aleasă ca prin heterodinare să se obțină o frecvență superaudibilă, de exemplu de 200.000 cicli pe secundă. Dacă unda incidentă este, să zicem de 300 m adică de 1.000 Kc., oscilatorul va trebui să producă în acest caz o undă care să difere de 200 Kc. adică 800 Kc (375 m) sau 1.200 Kc. (250 m).

Fig. 235 și 236 ilustrează principiul superheterodinei. Acest sistem are următoarele avantaje:

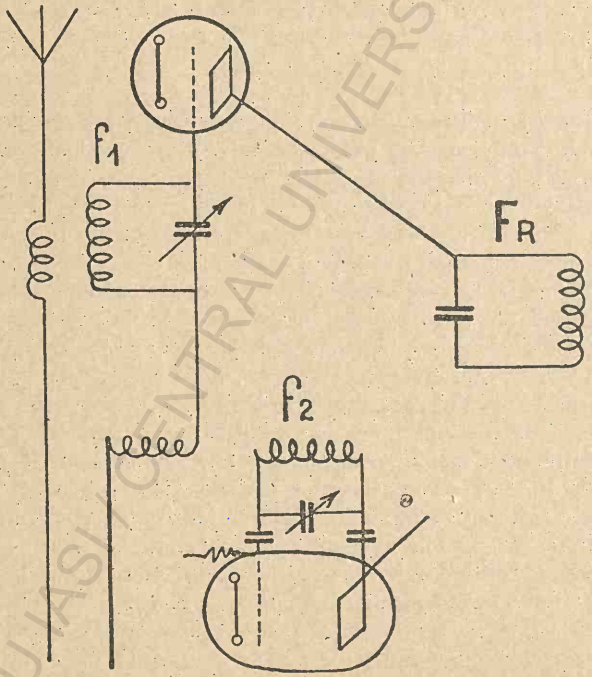


Fig. 235.— Suprapunerea oscilațiilor locale pe semnalul incident

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

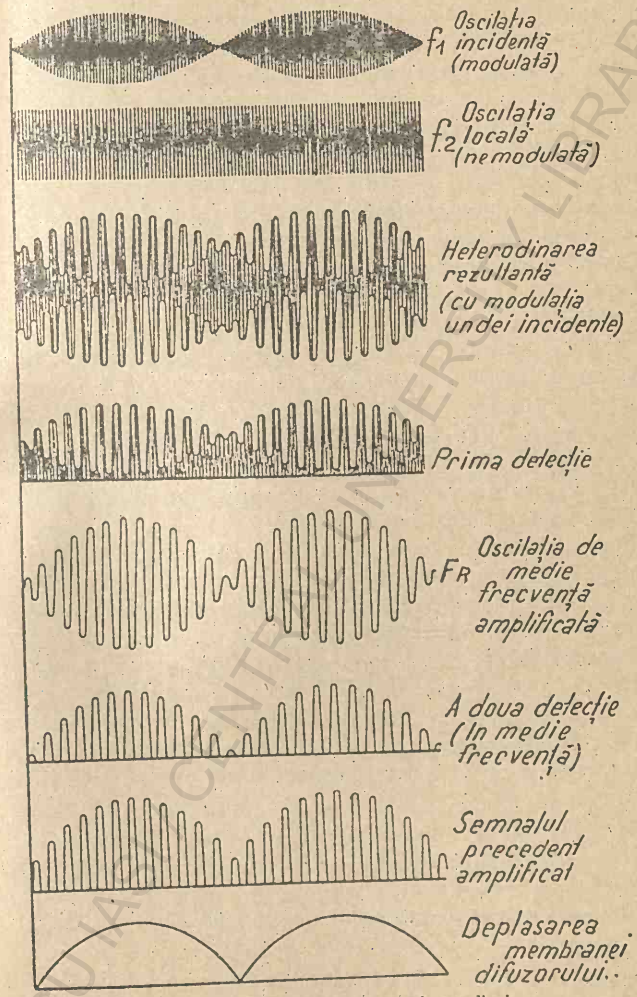


Fig. 236. — Principiul superheterodinei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Se poate amplifica semnalul atât înainte de heterodinare (adică în înalta frecvență pe f_1) cât și după heterodinare (adică în medie frecvență pe F_2). F_2 este tot o frecvență radioelectrică, dar fiind diferită de f_1 nu tinde să întrețină oscilații în primele etaje de amplificare. Dar nu numai atât, amplificarea pe o frecvență relativ joasă ca F_R, este mai stabilă și se poate face mai ușor.

In sfârșit, după aplicarea frecvenței F_R și detectare, se procedează la obișnuita amplificare în joasă frecvență.

Avem așa dar, ca prim avantaj al superheterodinei posibilitatea unei amplificări mai mari, fără tendința de oscilație, fără instabilitate.

Al doilea avantaj, de sigur tot atât de mare ca și primul, este amplificarea pe frecvență fixă. Intr'adevăr F_R, poate fi — și este — fix. Oscilația locală f_2 se alege în așa fel ca diferența $f_1 - f_2$ să fie constantă. Cu alte cuvinte în loc de a acorda aparatul de recepție după unda care se primește, se poate spune că în cazul superheterodinei, acordăm unda incidentă după aparat [1]).

Posibilitatea de a amplifica pe frecvență fixă simplifică mult construcția aparatului precum și reglajul. Intr'adevăr, într'o superheterodină avem adeseori, zece circuite acordate cu numai 2 sau 3 condensatori de acord și aceștia cu monoreglaj (1 sau 2 condensatori pe f_1, și unul pe f_2).

Dar nu numai atât, întrebuințarea frecvenței fixe permite montarea unor filtre de bandă care măresc foarte mult calitățile receptorului. Un filtru de bandă cu adevărat eficace nu se poate construi decât pe o frecvență fixă.

In concluzie, o superheterodină, este un montaj care poate fi oricât de sensibil și oricât de selectiv.

---

[1]) S'au construit și superheterodine care amplifică frecvența $\frac{f_1+f_2}{2}$ dar n'au avut succes.

Ele au fost lansate sub diferite denumiri: «infradină», «single span» etc. Au avut mai multe neajunsuri decât avantaje.

Este cel mai bun montaj din câte se cunosc și totodată cel mai întrebuințat.

Construcția superheterodinei prezintă însă, multe și variate dificultăți.

In primul rând, *producerea oscilațiilor locale și suprapunerea lor pe oscilația incidentă*, este o problemă mult mai complexă și mai delicată decât pare. După ce s'au propus și s'a întrebuințat nenumărate soluții cu una sau două lămpi (fig. 235), s'a ajuns astăzi la hexode, heptode și octode.

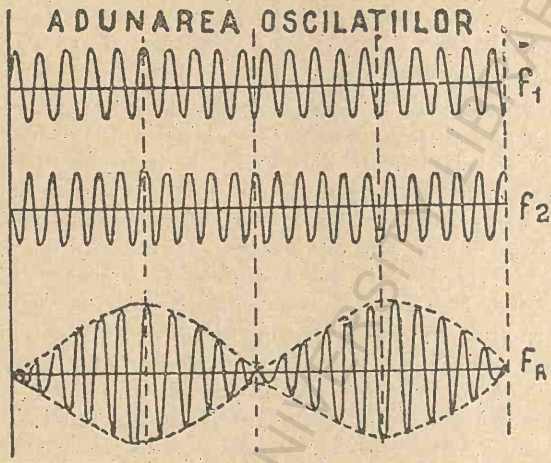
Aceste lămpi care au fost descrise în cap. XIV sunt formate precum am văzut din două lămpi montate în cascadă. Electronii cari trec de anoda primei lămpi (anoda este o sită) formează sursa de electroni « catoda » lămpii a doua. In cazul hexodei, prima lampă este amplificatoare și alimentează (în ritmul semnalelor primite) catoda virtuală a lămpii a doua care primește oscilația locală (fig. 162). Astfel se suprapune semnalul pe oscilația locală, printr'un cuplaj electronic. Cuplajul electronic prezintă avantaje importante față de cuplajele capacitive sau inductive întrebuințate în trecut.

Heptoda este precum am arătat în fig. 164 o triodă oscilatoare urmată de o tetraodă amplificatoare, iar octoda care este din ce în ce mai întrebuințată nu diferă de heptodă decât prin faptul că amplifică cu o pentodă în loc de o tetraodă.

Detecția în montajul superheterodină

Există o deosebire fundamentală între suprapunerea celor două oscilații care se obține cu o lampă oscilatoare separată (fig. 235) și suprapunerea care se obține prin cuplaj electronic, de exemplu într'o octodă.

Cu un oscilator separat suprapunerea se face ca în fig. 236 și 237 a prin *adunarea* oscilațiilor așa cum am considerat acest proces până acum. In octodă, suprapunerea se face ca în fig. 237 b prin *înmulțirea* oscilațiilor.



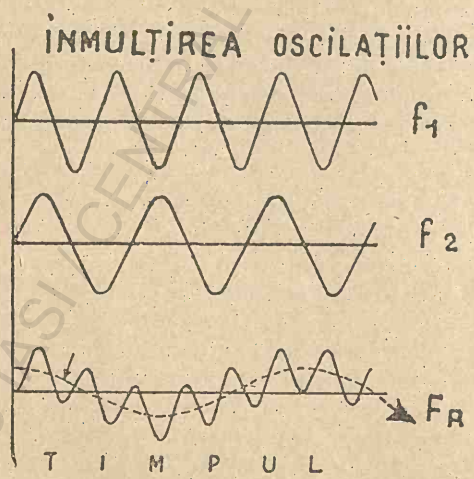


Fig. 237.—Producerea heterodinării:
a) adunarea și
b) înmulțirea oscilațiilor

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In primul caz trebue să avem o detecţie înainte de media frecvenţă, iar în al doilea caz, cu octoda, — numai e nevoie de detecţie.

Bineînţeles că şi într'un caz şi într'altul detecţia este necesară *după* media frecvenţă, pentru a extrage joasa frecvenţă necesară etajului final.

In toate aparatele moderne această detecţie se face cu dioda (duodiodă — triodă, dublă diodă — pentodă etc.), fiindcă dioda dă o detecţie nedeformată a semnalului care este de obiceiu foarte puternic după ce a trecut prin toate etajele de amplificare ale superheterodinei.

Monoreglajul superheterodinei

Precum am văzut, superheterodina trebue să aibă două circuite de acord variabile — circuitul receptor şi circuitul oscilator — a căror diferenţă de frecvenţă să fie constantă (media frecvenţă).

Pentru a satisface această condiţie cu doi condensatori variabili montaţi pe o axă şi manevraţi cu un singur buton, putem alege una din următoarele metode:

1. Rotorul unui condensator să fie mai mic decât celălalt şi astfel tăiat ca să dea întotdeauna frecvenţa cerută.

2. Se pot întrebuinţa doi condensatori cu o variaţie liniară de frecvenţă (fig. 38) decalaţi cu unghiul cerut pentru a da media frecvenţă.

3. Se montează în aceeaşi poziţie doi condensatori identici [1]), iar unul din ei se completează cu un condensator semi-variabil montat în serie cu bobina şi numit « pading » (fig. 238) (de circa 1.000 cm.). Aceasta e soluţia cea mai întrebuinţată.

---

[1]) Aceşti condensatori trebuesc acordaţi înainte de a se monta în aparat cu ajutorul lamei secţionată radial (fig. 39) pentru a asigura astfel capacităţi cât mai egale în orice poziţie. (Abaterile admise sunt de obiceiu mai mici de 1%).

Bineînțeles că trebue să se țină seamă și de capacitățile reziduale (produse de diferitele piese, legături și spirele bobinelor). Acestea se completează și se echilibrează cu ajutorul condensatorilor semi-variabili numiți «trimeri» (de vr'o 50 cm). Fig. 238 rezumă cele de mai sus.

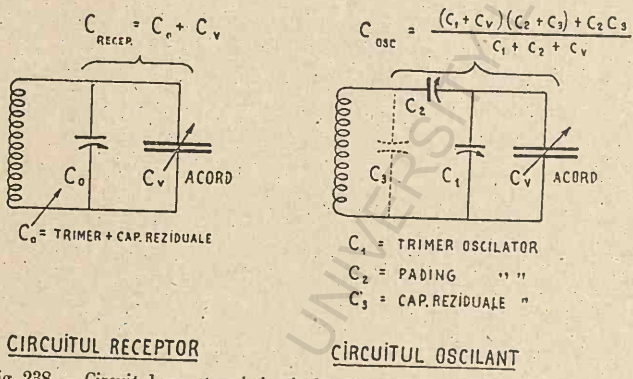


Fig. 238. — Circuitul receptor și circuitul oscilant (de heterodinare), completați cu micii condensatori semi-reglabili necesari pentru monoreglaj.

Dar cu acest montaj reglajul superheterodinei nu poate fi *perfect* pe toată gama, în sensul că se produc mici abateri dela diferența de frecvența fixată. Trimerii și pading-ul se reglează însă în așa fel încât valorile obținute întretaie curba ideală în trei puncte (fig. 239,) iar abaterile se reduc astfel la minimum, cam 1 Kc. cel mult.

Efectul de oglindă, sau pătrunderea semnalelor pe al doilea canal de heterodinare. Dacă superheterodina este acordată pe semnalul *A* (de exemplu 1200 Kc.) (fig. 240) și media frecventă este F_R (200 Kc.) atunci aparatul va fi tulburat și de semnalele cu frecvența *B* (800 Kc.), dacă acestea sunt puternice.

Această lipsă de selectivitate pentru o frecvență atât de diferită se explică prin faptul că emisiunea *B* produce cu

oscilatorul local aceeași frecvență de heterodinare ca și *A*. Intr'adevăr

$$1000 - 800 = 200 \text{ Kc.}$$
$$\text{și } 1200 - 1000 = 200 \text{ Kc.}$$

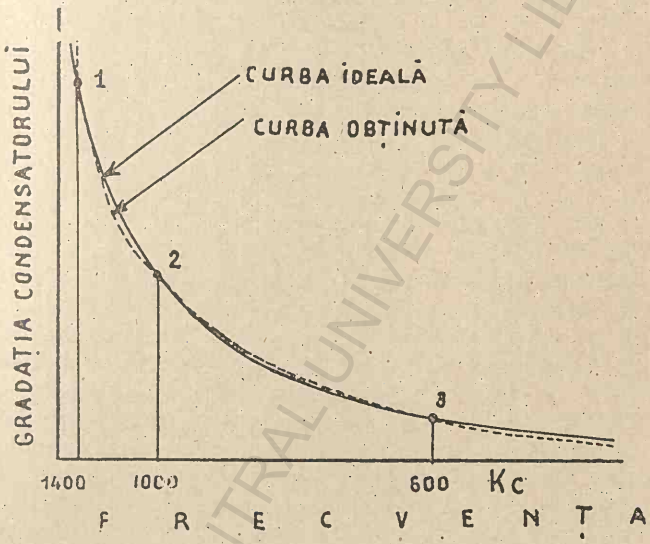


Fig. 239. — Frecvențele obținute prin monoreglaj pentru diferitele poziții ale condensatorului, față de curba care dă frecvențele corecte (ideală)

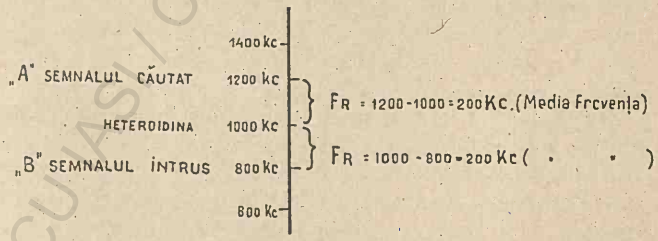


Fig. 240. — Efectul de oglindă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Singura piedecă care stă în calea lui *B* este circuitul de înaltă frecvență care este acordat pe *A*. Dar un semnal puternic produs de exemplu de un post local trece ușor peste acest desacord și odată ce a ajuns la oscilator are tot drumul deschis prin media frecvență.

Remediul acestui neajuns este firește adăugarea unui etaj de înaltă frecvență. Cu două circuite acordate pe semnalul *A*, semnalul *B* ajunge la heterodină atât de slăbit încât devine aproape imperceptibil.

Am arătat mai sus numai trăsăturile esențiale ale superheterodinei. Montajul este însă mai complex decât pare și cere o întreagă serie de precauțiuni: oscilațiile locale trebue să aibă o anumită amplitudine optimă, iar forma lor trebue să fie cât mai sinusoidală pentru a nu avea armonice care produc fluierături, detecția trebue făcută în cele mai bune condițiuni, tot pentru a evita armonicele, de asemenea trebuesc evitate diferite oscilații parazite etc.

Determinarea valorilor și montarea diferitelor bobine de șoc, rezistențe de amortizare, condensatori de trecere, blindaje etc. sunt fructul unor lungi și migăloase cercetări de laborator. Cunosc cazul unei importante case de radio care a montat o superheterodină pe planșetă, pentru scopuri didactice și n'a putut obține nici pe departe rezultatele ce le dădea același aparat cu aceleași piese în cutia lor normală.

Cumpărătorul unei superheterodine nici nu bănuește câtă muncă și câtă experiență reprezintă un aparat bun.

Super-reacția

Acest montaj dă o mare amplificare în înaltă frecvență cu una sau două triode, și ca atare a prezentat un interes deosebit înainte vreme, când lămpile consumau mult și erau alimentate dela baterii și când nu se practica neutrodinarea și blindarea. Astăzi super-reacția se întrebuințează numai pe unde scurte, sub 10 m.

Principiul acestui montaj este foarte ingenios. Să considerăm schema din fig. 241. Lampa I este o simplă detectoare cu reacţie, iar lampa II oscilează în permanenţă pe o frecvenţă de aproximativ 10.000 adică pe o frecvenţă super-audibilă.

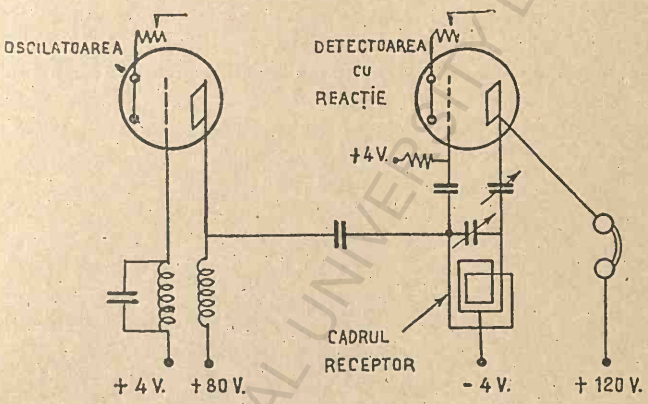


Fig. 241. — Schema super-reacţiei

Funcţionarea este următoarea: se strânge reacţia dincolo de limita obişnuită (de unde şi numele de super-reacţie) până ce lampa începe să oscileze. Lampa II este astfel legată de lampa I încât o opreşte să oscileze de 10.000 ori pe secundă. Să vedem acum ce se întâmplă în intervalul de 1/10.000 secundă. Lampa I are reacţia destul de strânsă ca să oscileze, dar la începutul intervalului considerat oscilaţiile n'au început încă. Lampa este într'un echilibru nestabil, începe să oscileze şi aceste oscilaţii cresc. In mod normal creşterea este relativ înceată, aşa încât la sfârşitul intervalului de 1/10.000 secundă amplitudinea oscilaţiilor este neînsemnat de mică.

Dar sub imboldul unui semnal, oscilațiile cresc mai repede și creșterea este cu atât mai rapidă cu cât semnalul este mai puternic. Prin faptul că semnalul crește mai repede, și amplitudinea atinsă la sfârșitul intervalului de 1/20.000 secundă este mai mare. Așa dar amplitudinea atinsă la sfârșitul intervalului este proporțională cu intensitatea semnalului primit la începutul intervalului.

Urmează momentul al doilea, oprirea oscilațiilor de către lampa a doua, și pe urmă ciclul reîncepe (fig. 242).

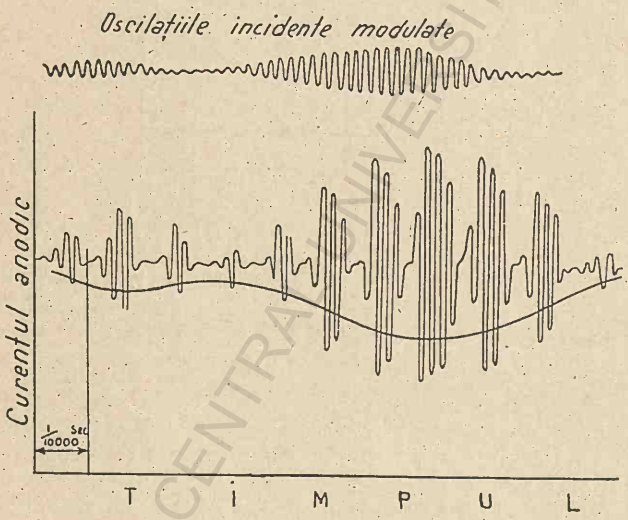


Fig. 242. — Principiul super-reacției

Prin urmare semnalele sunt întretăiate de 10.000 ori pe secundă și fiecare « bucățică » de semnal este amplificată separat. Cum frecvența de 10.000 este superaudibilă, cele 10.000 semnale se contopesc dând o impresie auditivă continuă întocmai după cum se contopesc imaginile succesive la cinematograf, dând impresia de continuitate.

Super-reacţia amplifică în general cu atât mai mult cu cât raportul între frecvenţa primită şi frecvenţa auxiliară este mai mare. Cum oscilaţia auxiliară nu poate să scadă sub 10.000 (căci ar deveni audibilă) rezultă că amplificarea este cu atât mai mare cu cât se recepţioneazā frecvenţe mai ridicate, adică unde mai scurte. In practică amplificarea nu creşte în mod apreciabil pentru unde mai scurte de 100 m.

Selectivitatea super-reacţiei lasă de dorit, cel puţin pentru cerinţele actuale. Dar acest cusur devine o calitate pentru undele ultra-scurte, unde acordul este din cale afară de ascuţit.

In sfârşit, super-reacţia nu este la înălţimea cerinţelor actuale, nici în privinţa fidelităţii. Ea are pe lângă alte mici defecte şi un foşnet caracteristic care dispare, cei drept, aproape complet, în timpul recepţiei, şi în sfârşit mai produce câteodată diferite fluierături.

Din cauzele sus arătate, super-reacţia nu poate da o audiţie satisfăcătoare în difuzor. Recepţia în cască însă — chiar completată cu o triodă de joasă frecvenţă — este perfect utilizabilă şi foarte folositoare în aparatele mici portative în care se cere mai mult inteligibilitate decât muzicalitate. Super-reacţia se întrebuinţează şi astăzi pe o scară întinsă pentru undele de sub 10 metri ori de câte ori se cere ca receptoarele să fie mici şi uşoare.

CAPITOLUL XX

AMĂNUNTE DE MONTAJ ŞI PERFECŢIONĂRI

Alimentarea, joasa şi înalta tensiune

Alimentarea receptoarelor se face sau dela pile şi acumulatori, sau dela sector.

In primul caz consumaţia trebue să fie cât mai redusă, în al doilea caz însă, consumaţia nu prea are importanţă.

Triodele de baterii consumă numai 0,06 A sub 2 V (sau chiar 1,2 V) la filament. Pentodele şi lămpile finale consumă dublu, triplu şi chiar mai mult. Lămpile de sector încălzite indirect consumă de vreo 20 ori atât, în schimb au şi caracteristici mai bune. In primul rând panta este mai mare, deoarece catoda are o suprafaţă mai mare, este toată la acelaşi potenţial, şi sita poate fi montată mult mai aproape de catodă, aceasta fiind perfect rigidă.

Filamentele se alimentează în parale şi pentru a compensa scăderea de tensiune a pilelor, se întrebuinţează sau un reostat, sau de preferinţă un stabilizator de tensiune automat. Acesta este format dintr'un fir de fier montat într'un balon cu hidrogen. Dacă filamentele se alimentează cu acumulatori de plumb cari se descarcă sub o tensiune mult mai constantă decât pilele poate să lipsească eventual atât reostatul cât şi stabilizatorul de tensiune. Lămpile cele mai recente de un volt numai au nevoie nici de reostat nici de stabilizator de tensiune cu toate că se alimentează dela o pilă uscată a cărei tensiune variază destul de mult.

In montajele de baterie se face nu numai economie de curent de încălzire ci şi economie de curent anodic. Pentru aceasta se întrebuinţează aproape întotdeauna în etajul final amplificarea în clasa *B*.

Aparatele de sector se împart în două categorii: de curent alternativ şi universale.

Primele au un transformator de intrare, o lampă redresoare cu două anode şi un sistem de filtrare format din condensator şi inductanţe (fig. 243). Transformatorul de intrare are de obiceiu un blindaj electrostatic între primar şi secundar, pus la pământ pentru a scurge paraziţii ce vin pe reţea. Bobina de filtrare este înlocuită adesea prin bobinajul de excitaţie al magnetului pentru difuzor. Bobina de filtrare mai poate fi înlocuită cu o rezistenţă de 3000 ohmi. Mărirea acestei rezistenţe dincolo de 5000 ohmi numai reduce sbârnâitul de sector.

Curentul pentru alimentarea filamentelor ar fi foarte greu de filtrat pe cale electrică întru cât e de joasă tensiune şi ca atare ar cere condensatori foarte mari. Filtrarea se face mult mai uşor pe cale termică prin întrebuinţarea unor elemente de încălzire cu o inerţie termică destul de mare ca temperatura lor să nu varieze în mod perceptibil după valorile instantanee ale curentului alternativ. Lămpile care satisfac acest deziderat sunt de două tipuri: cu încălzire indirectă (vezi cap. XV) şi cu încălzire directă, întrebuinţate numai în etajele finale.

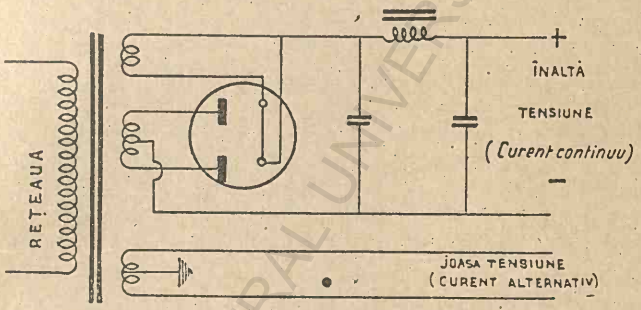


Fig. 243. — Alimentarea în alternativ

In cazul încălzirii indirecte, circuitele de sită şi de placă se închid direct la catodă. Dar în cazul lămpilor cu încălzire directă, sita ar produce un puternic sbârnâit de sector dacă s'ar lega de unul din capetele filamentului unde avem fluctuaţii de tensiune.

Pentru a înlătura acest neajuns, circuitele se închid la filament printr'o priză mediană, luată fie pe transformator (fig. 244), fie pe filamentul lămpii. Priza mediană trebue completată cu condensatori de trecere pentru a evita pierderile ce ar rezulta în rezistenţă sau transformator.

Aparatele universale merg şi pe curent alternativ şi pe curent continuu, fără nicio modificare. In cazul alimentării

de curent continuu, trebue să se țină seama de polaritate, cu alte cuvinte ștecherul trebue introdus într'o poziție, căci în poziția cealaltă, aparatul nu merge.

Fig. 245 reprezintă schema de alimentare a unui aparat universal. Filamentele sunt montate în serie așa încât

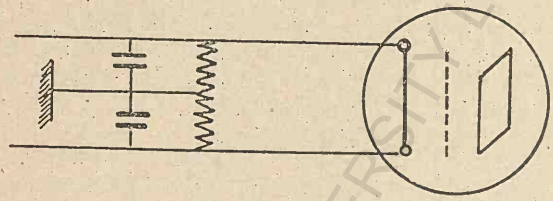


Fig. 244. — Priza mediană a filamentelor alimentate în alternativ

se află la potențiale diferite, unele fiind aproape de potențialul anodelor. Cum însă filamentele *nu* constitue catodele ci sunt numai sursa de încălzire a catodelor care sunt complet separate, potențialul filamentelor nu are importanță.

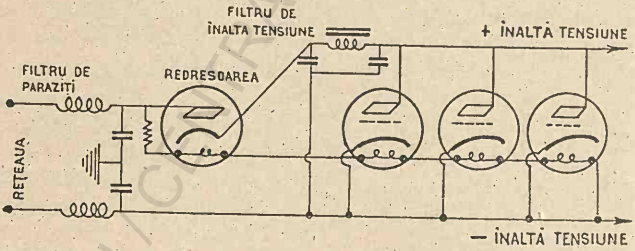


Fig. 245. — Alimentarea unui aparat universal de curent continuu și alternativ

Lămpile fiind montate în serie trebue să consume toate la fel, adică trebue să funcționeze cu aceeași intensitate de curent. Aceasta nu înseamnă însă că au aceeași consumație de putere. Lampa finală poate să aibă o rezistență mai mare și atunci I^2R este mai mare. Lampa aceasta este

atunci alimentată la o tensiune mai mare decât celelalte, de exemplu 40 V faţă de 6,3 V.

Deoarece în mod normal filamentele celor câteva lămpi ale receptorului nu pot absorbi diferenţa de potenţial disponibilă, se montează o rezistenţă în serie cu filamentele. Şi pentru ca această rezistenţă să nu încălzească prea mult receptorul se montează de obiceiu în cordonul de alimentare. Astfel cordonul de alimentare se încălzeşte în mod simţitor, dând adeseori impresia că se petrece ceva anormal în aparat.

Unele receptoare universale au un filtru pentru eliminarea parazitilor de sector, acest filtru care este reprezentat în fig. 245 ţine locul blindajului electrostatic dintre primarul şi secundarul transformatorului despre care am vorbit mai sus.

Tensiunea anodică se obţine precum se vede în schemă prin lampa redresoare. In cazul curentului continuu această lampă devine o simplă rezistenţă de trecere.

Este de notat că în schema considerată nu avem niciun transformator şi că astfel postul devine mai mic, mai uşor, şi mai ieftin.

Aparatele care merg numai pe curent continuu diferă de schema considerată numai prin faptul că lipseşte lampa redresoare. Filtrajul se menţine, dar se reduce.

Se fac şi aparate care merg numai pe alternativ, tot fără transformator. Dar în acest caz se întrebuinţează aproape întotdeauna dispozitivul de dublat tensiunea ilustrat în fig. 134.

Neajunsul aparatelor universale este că nu dispun de o tensiune anodică destul de ridicată pentru a funcţiona în condiţiuni bune.

Negativarea sitelor

Pentru ca lămpile să lucreze în condiţiuni normale, am văzut că trebue să dăm anumite negativări sitelor.

Din punct de vedere practic, negativarea se poate obține în mai multe feluri (fig. 246).

1. Prin rezistență de scurgere (șuntată de obiceiu de un condensator de trecere). Soluție întrebuințată la detecția de sită și la lămpile oscilatoare.

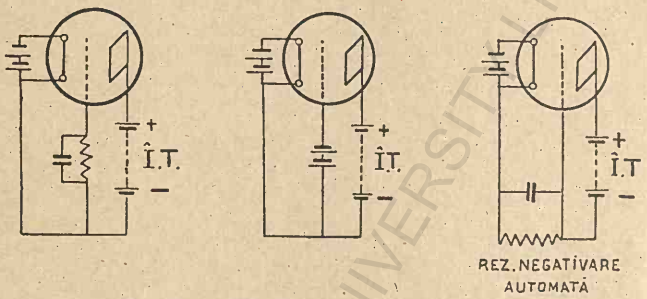


Fig. 246. — Cele trei feluri de a negativa sitele

2. Prin adăugarea unei surse de tensiune, baterie de negativare, sau priză dela tensiunea anodică. Această soluție nepractică se întrebuințează tot mai puțin.

3. Negativarea automată, cea mai întrebuințată, mai ales în joasa frecvență.

Negativarea automată se obține prin legarea unei rezistențe între negativul tensiunii anodice și filament. Prin trecerea curentului anodic se produce la capetele rezistenței o diferență de potențial egală cu $I\ R$ (« I » fiind curentul anodic), așa încât legând sita de punctul A, se obține negativarea dorită. Bineînțeles că rezistența de negativare trebue șuntată cu un condensator de trecere pentru a evita cuplaje parazite.

Negativarea automată este folosită atât la aparatele de sector, cât și la aparatele de baterie. La acestea din urmă negativarea sitelor scade cu uzarea pilelor anodice, întru cât odată cu scăderea tensiunii anodice scade și curentul anodic. Astfel negativarea se menține în mod au-

tomat la valoarea corectă, întru cât odată cu scăderea tensiunii anodice se deplasează şi punctul de funcţionare. De aci vine şi denumirea de «negativare automată».

Vibratorii

In lipsa reţelei electrice înalta tensiune se obţine de obiceiu cu o baterie anodică. Bateriile de acumulatori s'au dovedit foarte nepractice căci sunt scumpe, grele, se varsă şi se strică uşor. Bateriile de pile uscate sunt fără îndoială preferabile, dar revin destul de scump.

O soluţie foarte interesantă şi relativ modernă o constitue vibratorul. Acesta se întrebuinţează ori de câte ori alimentarea de joasă tensiune se face cu un acumulator mai mare, de exemplu la automobile. Acumulatorul alimentează vibratorul care produce înalta tensiune.

In fond vibratorul este un fel de bobină Rumkorff. Format dintr'un mecanism de sonerie, care întrerupe mereu curentul dintr'un circuit primar, acesta induce o tensiune ridicată în bobinajul secundar (fig. 247). Tensiunea din secundar fiind alternativă trebue redresată şi filtrată. Iată principiul, realizarea este însă destul de complexă.

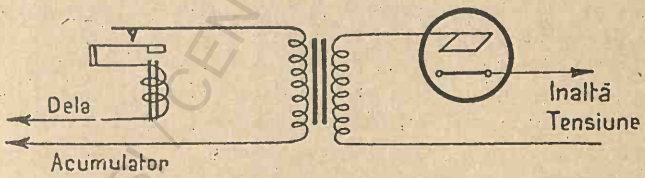


Fig. 247. — Principiul vibratorului

Avem în primul rând două categorii de vibratori:

1. Tipul *cu* redresor (diodă, sau cuproxid).

2. Tipul *fără* redresor, denumit «sincron». Acesta este prevăzut cu o comutare mecanică.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 248 reprezintă vibratorul simplu cu redresor. De notat că paleta are două contacte, că electromagnetul este separat de transformator și că mecanismul prin care se întreține mișcarea este puțin diferit de cel întrebuințat la sonerie.

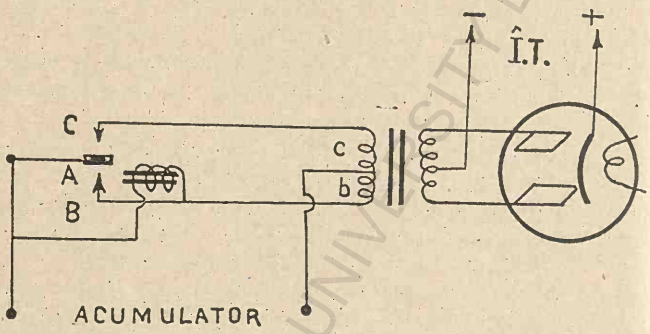


Fig. 248. — Vibrator cu redresor

In poziția de repaus paleta stă între contactele *B* și *C*. La stabilirea curentului paleta este atrasă în jos, scurt-circuitează electromagnetul prin contactul *B*, așa încât revine imediat în poziția inițială și trece de această poziție în virtutea inerției. Astfel se stabilește contactul *C*. Deși electromagnetul a atras paleta de îndată ce a întrerupt contactul *B*, n'a avut timp s'o oprească. Dar acuma electromagnetul readuce paleta dela *C* la *B* și ciclul reîncepe.

De notat că în momentul când s'a stabilit contactul *B* curentul a circulat în porțiunea «*b*» a primarului, iar în clipa când s'a stabilit contactul *C* curentul a circulat prin porțiunea «*c*».

Fig. 249 reprezintă schema unui vibrator sincron. Comutarea din circuitul secundar se înțelege destul de ușor.

Dar vibratorii trebuesc completaţi cu filtre de joasă frecvenţă (ca sistemele de alimentare pe alternatv) şi cu filtre de înaltă frecvenţă pentru a suprima paraziţii produşi de scântei.

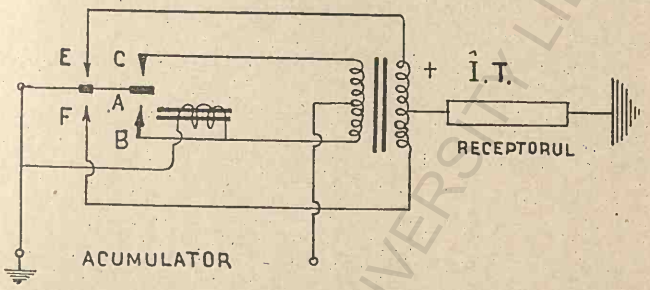


Fig. 249. — Vibrator sincron

Dimensionarea corectă a vibratorilor este o problemă din cele mai delicate: transformatorul trebue astfel construit încât să fie în rezonanţă cu paleta, momentele de contact trebuesc stabilite cu o preciziune matematică, etc., etc. Paleta se face din oţelurile cele mai bune, iar pentru contacte se întrebuinţează de asemenea materiale alese cu cea mai mare îngrijire, ş.a.m.d. In sfârşit vibratorul se montează pe cauciuc spongios spre a înăbuşi sgomotul pe care-l face.

Pentru a obţine randamentul optim, vibratorul trebue să meargă pe o sarcină precis stabilită. Din această cauză un vibrator nu poate alimenta în condiţiuni economice ur amplificator clasa *B*.

Vibratorii moderni dau rezultate excelente. Astfel în ultimul timp s'au atins randamente de peste 70%, adică mai mult decât se poate obţine cu un convertizor rotativ care este şi mult mai scump şi mult mai voluminos.

Vibratorul în sine este cât o lampă, are aceleaşi dimensiuni, aceeaşi formă şi este prevăzut cu picioare pentru

a fi montat într'un soclu. Poate să funcționeze mii de ore, fără nicio îngrijire. Are așa dar cam aceeași vieață ca și lămpile de radio și se înlocuește tot atât de ușor.

Rezistențe și capacități de decuplare

Toate circuitele anodice ale unui receptor se închid pe aceeași sursă comună de alimentare în înaltă tensiune. Această sursă de alimentare devine astfel un organ de cuplaj între lămpi, și poate întreține oscilații (fig. 250).

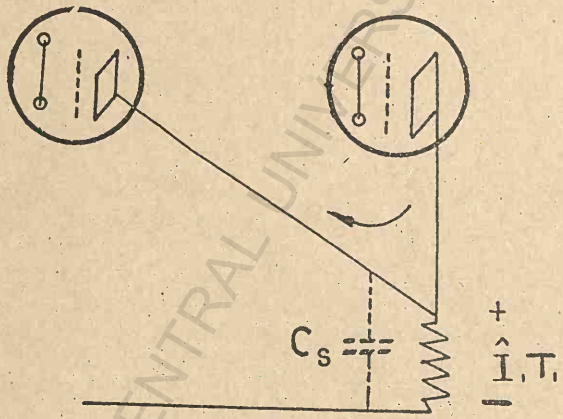


Fig. 250. — Cuplajul parazit produs de bateria anodică

Cuplajul produs de sursa de alimentare devine câteodată foarte important, mai ales la aparatele alimentate cu baterii când acestea se învechesc. O baterie anodică uzată poate avea o rezistență de sute și chiar mii de ohmi.

Evitarea cuplajelor parazite se face în două feluri:

1. Se adaugă un condensator de șuntare C (fig. 250) care constitue un scurt-circuit atât pentru frecvențele

înalte cât şi pentru cele joase. Dar această precauţiune nu este suficientă la aparatele de mare amplificare, unde contează şi alte cuplaje parazite.

2. Se montează câte o rezistenţă de stăvilire şi câte un condensator de scurgere pe fiecare circuit anodic (vreo 1000 ohmi şi 1000 cm). Astfel circuitul de curent alternativ anodic al fiecărei lămpi este izolat de celelalte fiindcă se închide direct la pământ imediat după ce a trecut prin bobinele care îi sunt afectate (fig. 251).

Prin sistemele de decuplare arătate mai sus se obţin amplificări mai mari şi se elimină diferite fluerături mai mult sau mai puţin permanente.

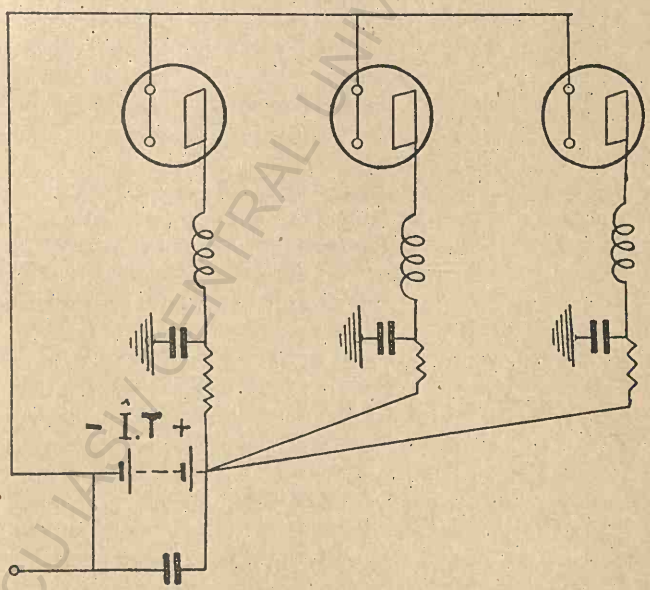


Fig. 251. — Capacităţi şi rezistenţe de decuplare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Reglajul automat de volum

Acest artificiu de montaj este fără îndoială una din cele mai importante perfecționări aduse aparatelor de radio în ultimii ani.

Dispozitivul se mai numește și «anti-fading», căci suprimă fading-ul și permite astfel o excelentă audiție a posturilor de unde decametrice.

Cu aparatele vechi variația de intensitate pe aceste posturi era atât de mare și atât de rapidă încât audiția lăsa mult de dorit cu toate că se regla mereu butonul volumului.

Această operație se face acum automat, compensarea fiind instantanee și aproape perfectă. Este interesant de notat că reglajul automat de volum nu influențează cu nimic modulația din studio. Cu alte cuvinte nu întărește pasajele «pianissime» și nu slăbește «fortissimele» ci compensează numai slăbirile de semnal produse pe drum. Această putere de discernere surprinzătoare pentru un profan se explică foarte ușor.

Pasajele de diferite intensități se deosebesc prin adâncimea modulației (fig. 186). Dar fie că modulația este adâncă sau nu, amplitudinea mijlocie a undei purtătoare este aceeași.

In schimb fading-ul influențează amplitudinea mijlocie a undei purtătoare.

Ca atare reglajul automat de volum trebue să mențic constantă amplitudinea mijlocie a undei purtătoare și pentru aceasta va cuprinde un dispozitiv cu o inerție electrică destul de mare ca să nu poată urmări frecvențele audibile.

Schema de principiu este dată în fig. 252. Semnalul detectat de diodă servește atât la alimentarea difuzorului (prin etajul de joasă frecvență) cât și la negativarea lămpii cu pantă variabilă prin rezistența *R*. Condensatorul *C* servește dear ca volan pentru a da acestui dis-

pozitiv inerţia electrică de care am vorbit mai sus. «*R*» şi «*C*» formează aşa dar filtrul negativării automate.

Funcţionarea este următoarea: când semnalul e mai puternic intensitatea curentului prin «*r*» e mai mare şi diferenţa de potenţial care apare la bornele acestei

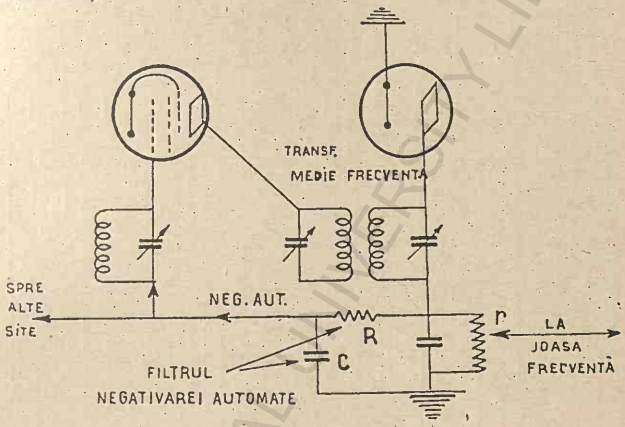


Fig. 252. — Raglajul automat de volum

rezistenţe creşte ($E = Ir$) aşa încât se măreşte negativarea sitelor şi implicit se reduce amplificarea. Când semnalul devine mai slab lucrurile se petrec invers, aşa încât se reduce negativarea şi se măreşte amplificarea.

Acest montaj dă rezultatele arătate în fig. 253. Dacă de exemplu intensitatea semnalelor variază dela 100 μV la 10 mV, adică în raport 1/100 atunci voltajul amplificat (care este proporţional cu alimentarea difuzorului) variază dela 5—500 *fără* reglaj automat de volum şi dela 2—5 *cu* reglaj automat de volum. Cu alte cuvinte în loc de a avea o variaţie de intensitate de 100, avem o variaţie de intensitate de 2,5.

Dar curbele ilustrează şi un neajuns, anume slăbirea semnalelor foarte slabe.

Pentru a prinde bine un semnal slab, de exemplu sub 100 mV ar fi de dorit ca acesta să nu mai fie slăbit de reglajul automat de volum. Cu alte cuvinte reglajul automat ar trebui să intervie numai dela o anumită intensitate de semnal, ca în fig. 254.

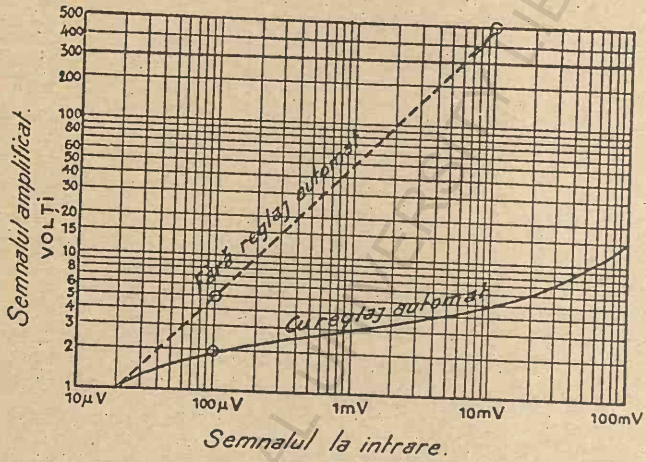


Fig. 253. — Rezultatele obținute cu reglajul automat de volum

Acest rezultat se obține cu montajul din fig. 255 cunoscut sub denumirea de reglaj automat de volum «cu întârziere». In primul rând acest montaj se deosebește de cel precedent prin faptul că are o diodă dublă, așa încât o alternanță (a plăcii D_1) este întrebuințată pentru amplificarea în joasă frecvență, iar a doua alternanță (a plăcii D_2) este întrebuințată pentru reglajul automat de volum. Pentru ca reglajul automat de volum să intervină numai dela un anumit semnal în sus, s'a intercalat bateria B[1]) care aplică pe catoda lămpii redresoare un potențial

[1]) Bateria B se înlocuește întotdeauna printr'o priză potrivită luată dela alimentarea de înaltă tensiune.

pozitiv faţă de pământ. Astfel detecţia pe D_2 începe numai dincolo de potenţialul aplicat. In fig. 250 se vede cum se

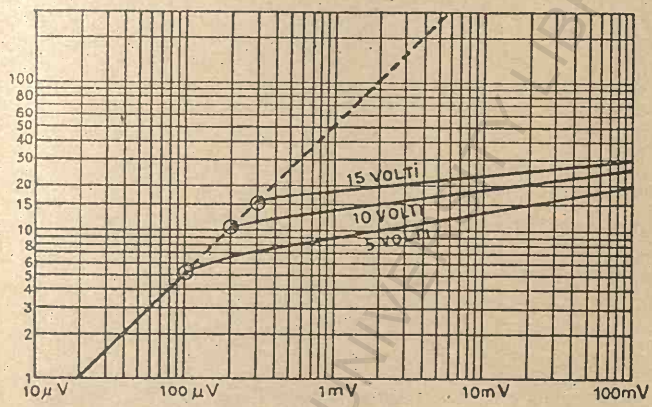


Fig. 254. — Rezultatele obţinute cu reglajul automat de volum cu întârziere

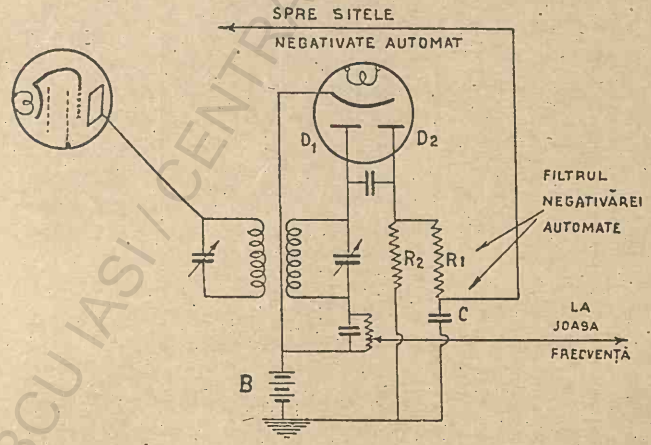


Fig. 255. — Montajul pentru reglajul automat de volum cu întârzieri

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

modifică reglajul automat de volum prin aplicarea tensiunilor de 5, 10 şi 15 V. Curbele devin din ce în ce mai orizontale.

In ultimul timp s'a constatat că montajul din fig. 255 care era foarte întrebuinţat, produce deformări şi ca atare s'a revenit la vechiul montaj din fig. 254. Dar acest montaj reduce sensibilitatea pe semnalele slabe precum am văzut mai sus, şi ca atare nu e indicat la aparatele mici ci numai la cele mari.

S'au preconizat diferite montaje pentru a menţine sensibilitatea aparatului întreagă pe semnalele slabe fără a

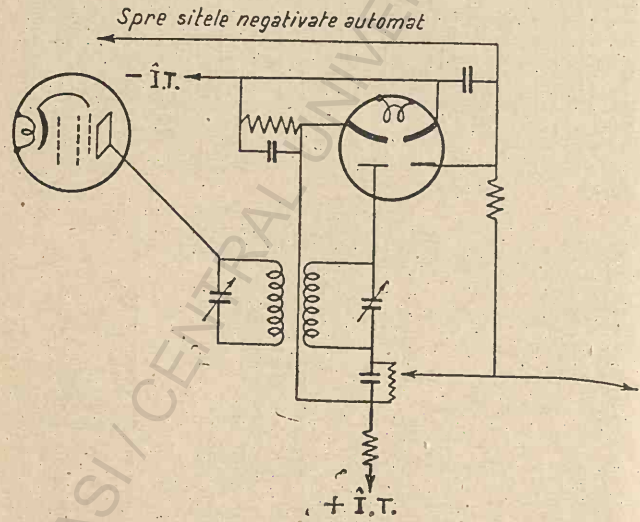


Fig. 256. — O perfecţionare a montajului din figura 255

produce deformări. Fig. 256 reprezintă un astfel de montaj în care bateria din fig. 255 e înlocuită prin a doua diodă. Aceasta şuntează rezistenţa de negati-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

vare automată a primei diode, şi o scurt-circuitează pe semnalele slabe.

Negativarea automată se aplică de obiceiu pe mai multe lămpi, două, trei, iar în unele cazuri semnalul de negativare este amplificat înainte de a fi aplicat pe lămpi. Acest sistem măreşte sensibilitatea dispozitivului şi mai prezintă şi alte avantaje de amănunt, dar e greu de pus la punct.

Aşa dar în concluzie reglajul automat de volum este un dispozitiv anti-fading, căci măreşte amplificarea când semnalul scade şi vice-versa, nivelul audiţiei rămânând constant.

Variază numai nivelul paraziţilor, căci în momentele de amplificare maximă raportul între intensitatea paraziţilor şi a semnalelor este bine înţeles mai mare decât în perioadele de amplificare normală şi sub normală când audiţia este mult mai curată. Dar în definitiv variaţia nivelului de paraziţi nu constitue un neajuns. Altele sunt neajunsurile reglajului automat: sgomote puternice la căutarea posturilor, întru cât în lipsa unui semnal, amplificarea este împinsă la maximum aşa încât apar paraziţi foarte puternici şi în al doilea rând — marea greutate de a obţine un acord precis. Intr'adevăr dacă aparatul este acordat precis sau puţin desacordat se va auzi tot atât de tare. Tăria audiţiei nu mai indică acordul ca la aparatele celelalte. Ori, dacă aparatul este desacordat, calitatea audiţiei lasă mult de dorit. In primul rând fiindcă se măreşte raportul paraziţi-semnal şi în al doilea rând fiindcă se amplifică în mod neegal bandele laterale şi se pierd frecvenţele înalte (vezi mai departe în acest capitol « bandele laterale »).

Este adevărat că o persoană cu urechea formată poate face acordul precis dacă ascultă cu atenţie. Dar un aparat de radio trebue să meargă bine pe mâna oricui şi de aceea s'au introdus indicatoarele vizuale de acord, denumite de obiceiu « ochiul magic ».

Acordul automat

De câtva timp se răspândeşte tot mai mult receptoarele care se acordează prin simpla apăsare a unui buton. Aceste aparate nu mai trebuesc acordate căci atingerea butonului dă imediat recepţia dorită. Un şir de 5—20 de butoane cuprinde toate posturile care pot fi auzite în condiţiuni bune.

Există numeroase sisteme electrice şi mecanice prin care se poate obţine acordul, dar toate se bazează pe trei principii:

1. Comutarea unor condensatori fiţşi.
2. Deplasarea condensatorului de acord printr'un sistem mecanic cu oprire fixă.
3. Deplasarea condensatorului de acord printr'un motor electric cu oprire fixă.

Primul sistem, prin comutarea unor condensatori este ilustrat în fig. 257. Aceşti condensatori sunt semi-reglabili, adică se acordează pe postul dorit şi rămân în poziţie. Comutatorul din schema de principiu, se înlocueşte de obiceiu printr'o serie de butoane care stabilesc contactul cu câte un condensator. Sistemul acesta prezintă următoarele neajunsuri:

Este complicat, căci în cazul unei superheterodine trebuesc doi sau trei condensatori de fiecare post.

Este nestabil, căci valoarea condensatorilor semivariabili, nu rămâne riguros constantă când se schimbă temperatura şi umezeala.

In ultimul timp s'au înlocuit condensatorii semireglabili prin bobine acordate cu un miez de fier pulverizat. Aceste bobine sunt mai stabile decât condensatorii.

Al doilea sistem cu deplasarea mecanică a condensatorului de acord, implică o construcţie complicată, cere o deplasare mare şi o apăsare destul de puternică. Mecanismul cuprinde pârghii, came etc., şi este greoiu.

Al treilea sistem cu motorul electric e cel mai întrebuinţat. Principiul e ilustrat în fig. 258. Axul motorului

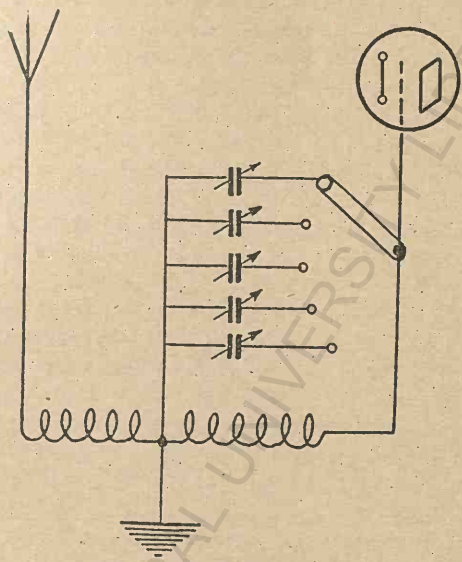


Fig. 257. — Acord automat prin comutare

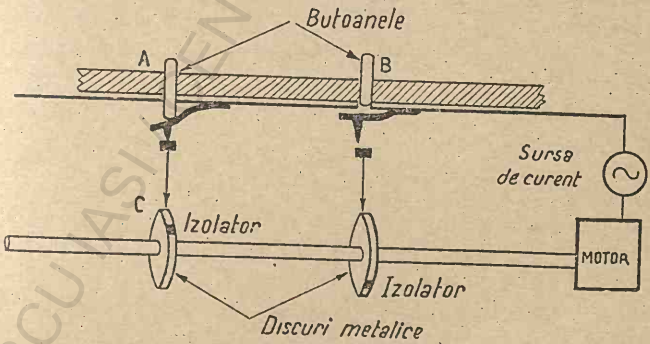


Fig. 258. — Acord automat prin butoane şi motor

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

are o serie de discuri metalice prevăzute cu un segment izolat. Să apăsăm pe butonul *A*. Motorul se pune în mişcare şi merge până ce suprafaţa izolatoare ajunge la contactul *C*. Astfel se întrerupe curentul şi se opreşte motorul. Dacă se apasă acuma pe butonul *B*, motorul porneşte din nou şi se opreşte în poziţia corespunzătoare butonului *B*.

In practică dispozitivul este mai complex. Astfel nu se apasă direct pe butoanele *A*, *B*, ci pe alte butoane care fixează butoanele *A*, *B*, până ce motorul ajunge în poziţia cuvenită, astfel încât operatorul nu trebue să aştepte cu degetul pe buton.

Pe urmă motorul este prevăzut cu o frână sau cu un sistem de decuplare, pentru ca oprirea condensatorului să se facă brusc şi să nu treacă de poziţia cuvenită, din cauza inerţiei.

In sfârşit mai trebue prevăzut şi un comutator automat pentru a schimba sensul de învârtire al motorului, după poziţia în care se află noul post faţă de postul precedent, etc., etc.

Deşi complicat, acest sistem funcţionează foarte bine şi e cel mai întrebuinţat. Prezintă între altele avantajul de a permite şi reglarea aparatului la distanţă printr'un cordon multifilar. In realizările îngrijite acordurile se pot repeta cu o preciziune mai mare de 0,5 Kc.

Totuşi unii constructori, au simţit nevoia de a completa diferitele sisteme de comandă prin butoane, cu un reglaj automat de precizie. Acest reglaj desăvârşeşte acordul pe cale pur electrică.

Există diferite sisteme de felul acesta cari sunt în general destul de complicate. In principiu, reglajul cuprinde două circuite suplimentare de medie frecventă, care sunt puţin desacordate — unul în plus, altul în minus, — faţă de acordul aparatului. Semnalele din aceste circuite se detectează, se scad unul dintr'altul şi se aplică pe urmă pe o lampă de comandă care modifică frecvenţa heterodinei pentru a obţine acordul.

Astfel sita lămpii de comandă devine mai pozitivă, mai negativă, sau rămâne neschimbată când acordul este corect. Sita influenţează fireşte circuitul de placă al lămpii, care produce o şuntare mai mult sau mai puţin pronunţată a circuitului oscilant (legat de lampa oscilatoare), schimbându-i frecvenţa. In felul acesta se compensează desacordul şi se obţine valoarea corectă a oscilaţiei de medie frecvenţă.

Acest din urmă dispozitiv pentru desăvârşirea acordului pe cale electrică nu se întrebuinţează decât la unele aparate mari. Dar toate aparatele cu butoane au o altă completare, care constă dintr'un dispozitiv automat care reduce volumul când se trece dela un post la altul. Fără acest întrerupător, sgomotele produse de aparat ar fi foarte supărătoare din cauza reglajului automat de volum, care merge la amplificarea maximă în lipsa semnalelor.

In concluzie, acordul aparatelor prin butoane cere o mare preciziune mecanică şi electrică şi este o problemă complexă.

Reacţia negativă

Una din cele mai importante perfecţionări aduse în ultimul timp aparatelor de recepţie e reacţia negativă, prin care s'a îmbunătăţit mult calitatea reproducerii, adică fidelitatea.

Am considerat în cap. XIX obişnuita reacţie în înaltă frecvenţă, prin care se măreşte amplificarea şi selectivitatea. Această reacţie care adaugă la semnalul incident o parte din semnalul amplificat, măreşte amplificarea şi se numeşte reacţie *pozitivă*.

Dacă se inversează sensul bobinei de reacţie, atunci fracţiunea aceea din semnalul amplificat se suprapune semnalului incident nu prin adăugare ci prin scădere şi astfel amplificarea obţinută se reduce şi devine mai mică decât fără reacţie, avem reacţie *negativă*.

Fig. 259 ilustrează curba de rezonanță și amplificarea în trei cazuri: fără reacție, cu reacție pozitivă și cu reacție negativă. Precum se vede, reacția negativă departe de a aduce vreun folos, micșorează amplificarea și turtește curba de rezonanță. Așa stau lucrurile în circuitele de înaltă frecvență în care nu se întrebuințează reacția negativă.

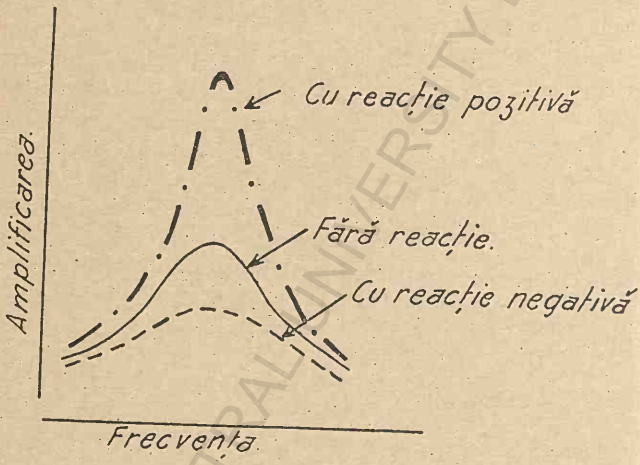


Fig. 259. — Efectul reacției asupra curbei de rezonanță

In circuitele de joasă frecvență lucrurile se schimbă. Amplificarea se obține mai ușor, este prin urmare o calitate mult mai puțin prețioasă decât în circuitele de înaltă frecvență. Cât despre curba de rezonanță, aceasta trebue să fie cât mai turtită, pentru a da o amplificare uniformă pe toate frecvențele [1]).

[1]) Teoretic n'ar trebui să avem o curbă de rezonanță în etajele de joasă frecvență. Dar în practică, curba de amplificare nu este dreaptă ci prezintă întotdeauna unul sau mai multe maxime mai mult sau mai puțin pronunțate, care se denivelează prin reacția negativă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezultă aşa dar dintr'odată că reacţia negativă poate fi de folos în joasă frecvenţă, căci în schimbul unui surplus de amplificare ce se obţine uşor şi se sacrifică pe urmă prin reacţia negativă, — se obţine o amplificare mai uniformă a tuturor frecvenţelor. Dar nu numai atât, mai apar şi alte avantaje oarecum neaşteptate pe care le vom considera îndată.

Să vedem mai de aproape ce se întâmplă în montajul de reacţie negativă.

Avem o tensiune de intrare E care alimentează un amplificator şi produce o tensiune de ieşire S. Aşa dar,

$$S = kE$$

în care k este amplificarea obţinută (fig. 260).

Dacă introducem acum reacţia (fig. 261), tensiunea adevărată aplicată la intrare, devine

$$E + rS$$

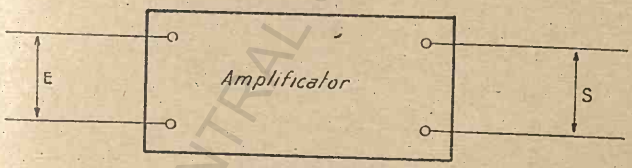


Fig. 260. — Amplificator fără reacţie

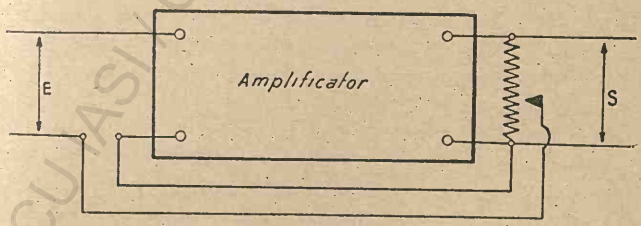


Fig. 261. — Amplificator cu reacţie de voltaj

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în care « r » este fracțiunea de tensiune dela ieșire care se aduce înapoi la intrare; « r » poate fi pozitiv sau negativ după cum se adaugă sau se scoate la tensiunea inițială.

Inlocuind tensiunea de intrare $E + rS$ în prima relație, avem

$$S = k\,(E + rS).$$

Să vedem acum ce amplificare am obținut. Pentru aceasta scoatem raportul S, din ultima ecuație. Avem

$$\frac{E}{S} = \frac{k}{1-kr}.$$

sau

$$\frac{S}{E} = -\frac{1}{r\left(1-\frac{1}{kr}\right)}.$$

Termenul « kr » se numește « factor de reacție ». Dacă « factorul de reacție » e mare, dacă avem adică o reacție puternică, atunci amplificarea obținută se apropie de

$$\frac{S}{E} = \frac{1}{r}.$$

Această expresie este foarte importantă fiindcă nu mai cuprinde pe « k », ceea ce arată că amplificarea obținută depinde acuma numai de fracțiunea de tensiune care este adusă dela ieșire la intrare, și nu mai depinde de amplificarea obținută. Se mai poate spune că amplificarea depinde numai de reacție.

Așa dar, din punct de vedere practic, amplificatorul dobândește o caracteristică liniară. Or, știut este că lămpile n'au caracteristice cu adevărat liniare și că prin această neliniaritate se introduc armonice precum și așa zisele « frecvențe de combinație ». Dacă se introduc si-

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

multan două frecvenţe, de exemplu, 100 şi 1000 cicli apar la ieşire frecvenţe de 900 şi 1100 cicli sau chiar de 800 şi 1200 cicli (cari sunt sunt mult mai supărătoare decât armonicele).

Prin urmare reacţia negativă elimină distorsiunile care rezultă din caracteristicele normale ale lămpilor.

Dar reacţia negativă mai prezintă şi alte avantaje, între altele reduce sgomotul de sector, precum şi armonicele care provin din amplificator. Aceasta se poate demonstra astfel:

Fie D, deformaţiile produse de amplificator fără reacţie negativă, şi

d, deformaţia totală cu reacţia negativă.

Deformaţiile aplicate la intrare prin reacţia «r» vor fi de Dr, iar deformaţia totală

$$d = D + r\,d\,k.$$

Din această expresie extragem pe «d» şi găsim

$$d = \frac{D}{1 - r\,k}.$$

Când «r» e negativ, avem

$$d = \frac{D}{1 + r\,k}.$$

Şi dacă «rk» e mare, aşa cum am presupus şi în demonstraţia precedentă, putem neglija pe 1 şi avem

$$d = \frac{D}{r\,k}.$$

Deci, deformaţia totală se împarte cu factorul de reacţie.

In sfârşit, reacţia negativă menţine amplificarea aproape constantă când variază tensiunea de alimentare sau sarcina (dacă se adaugă de exemplu un al doilea difuzor).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Intr'adevăr, dacă scade tensiunea de alimentare, scade şi tensiunea disponibilă pentru reacţia negativă şi ca atare amplificarea creşte. Tot astfel reacţia negativă scade, când creşte sarcina.

Rezistenţa aparentă a lămpii se schimbă. Şi anume, rezistenţa *scade*, dacă reacţiunea se face aşa cum am arătat mai sus prin aducerea *tensiunii* de ieşire la intrare, iar rezistenţa aparentă a lămpii creşte, când reacţia se face pe cale de curent (fig. 262).

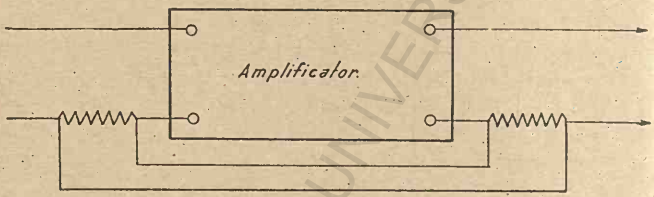


Fig. 262. — Amplificator cu reacţie de curent

Or reducerea rezistenţei unei pentode finale măreşte amortizarea difuzorului care funcţionează în cazul acesta tot atât de uniform cu diferite frecvenţe parcă ar fi alimentat de o triodă cu mică rezistenţă interioară.

In sfârşit, reacţia negativă amortizează şi rezonanţele mecanice ale difuzorului. Când difuzorul intră în rezonanţă mecanică pe anumite frecvenţe, reactanţa sa se măreşte şi reacţia negativă creşte slăbind astfel aceste semnale.

Câteodată se întrebuinţează însă şi reacţia negativă prin curent.

Reacţia negativă mai dă şi posibilitatea de a obţine în mod foarte uşor diferite reglaje de tonalitate prin adăugarea unei inductanţe sau a unui condensator în serie sau în paralel cu rezistenţa de reacţie.

In ceea ce priveşte montajele ne vom mărgini numai la câteva exemple.

BIBLIOTECA DE BIOLOGIE

Fig. 263 dă cel mai simplu montaj de reacţie negativă, prin suprimarea condensatorului de trecere (reprezentat în linii punctate) de pe rezistenţa de negativare.

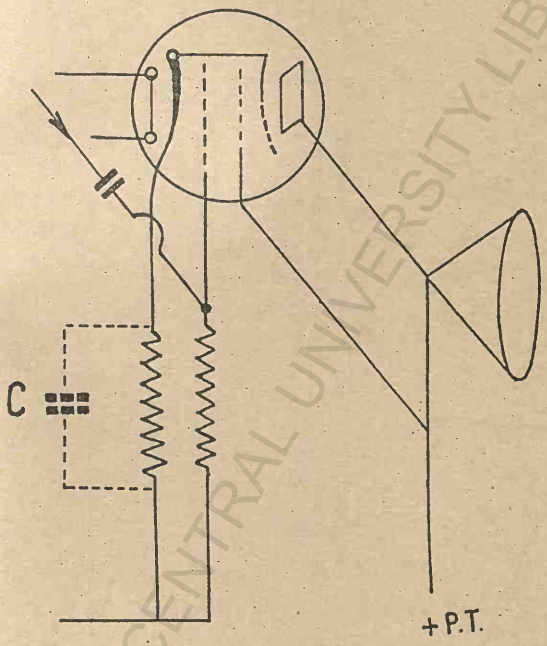


Fig. 263. — Un montaj simplu de reacţie negativă prin suprimarea obişnuitului condensator de şuntare *C*

In fig. 264 avem un alt montaj de reacţie negativă. Nu intrăm în amănunte şi nu dăm valori întru cât acestea depind de caracteristicele lămpilor şi ale difuzorilor.

Pentru a rezuma, reacţia negativă reduce amplificarea, în schimb prezintă următoarele avantaje:

1. Nivelează amplificarea pe diferite frecvenţe.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. Reduce armonicele introduse de lămpi precum și frecvențele care rezultă prin frecvențe de combinație.

3. Reduce armonicele produse de amplificator și sgomotul de sector.

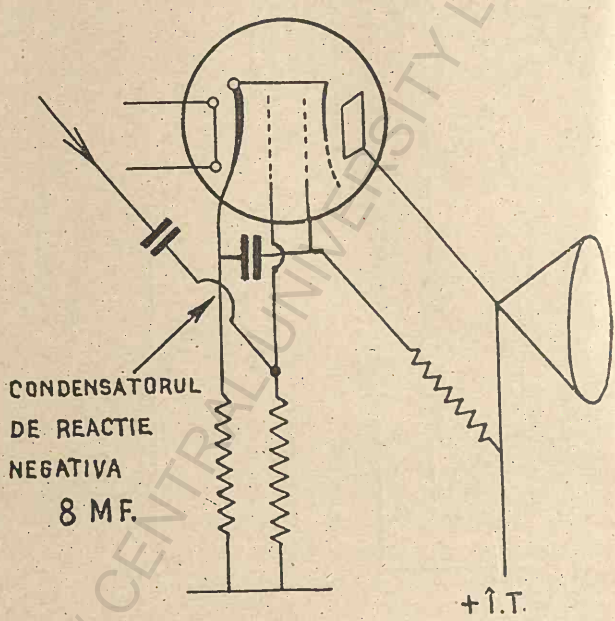


Fig. 264. — Un al doiea montaj de reacție negativă

4. Menține amplificarea aproape constantă când variază tensiunea și sarcina.

5. Micșorează la nevoie rezistența aparentă a lămpii amortizând astfel difuzorul.

6. Reduce rezonanțele mecanice ale difuzorului.

7. Ingăduie reglajul ușor al tonalității.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Reglajul tonalităţii

Oricât de perfectă ar fi reproducerea pe care o dă un aparat de radio se simte necesitatea de a-i corecta tonalitatea. Corectarea se face pentru a reduce frecvenţele înalte pe recepţii îndepărtate suprimând astfel paraziţii şi fluierături. Corectarea se mai face pentru a adapta recepţia la rezonanţa camerei, pentru a satisface gustul auditorului şi pentru a compensa desechilibrul ce se produce între notele slabe şi notele înalte, când nivelul audiţiei nu corespunde cu nivelul iniţial. Această chestiune este tratată mai departe.

Corectarea tonalităţii se face prin slăbirea notelor înalte sau a notelor joase. Pentru aceasta se leagă prin comutare condensatori de diferite valori în serie sau în paralel cu circuitele de joasă frecvenţă (fig. 265).

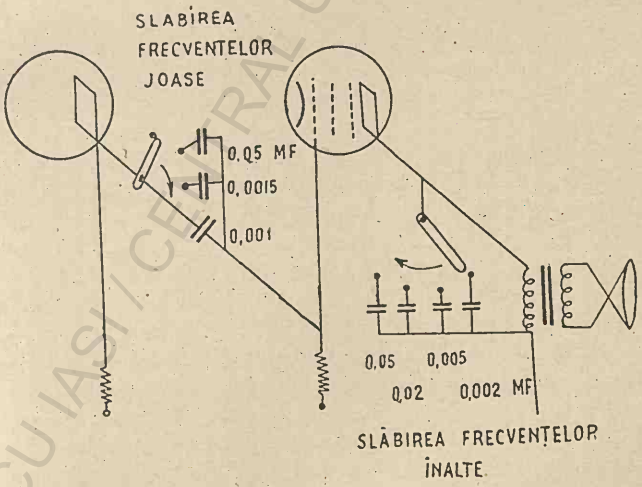


Fig. 265. — Reglaj de tonalitate cu ploturi

Se mai poate întrebuința un singur condensator montat cu un reostat (fig. 266) sau cu un potențiometru.

Există diferite variante ale acestor montaje precum și alte dispozitive de corecție mai complexe, dar nu e cazul să insistăm asupra lor.

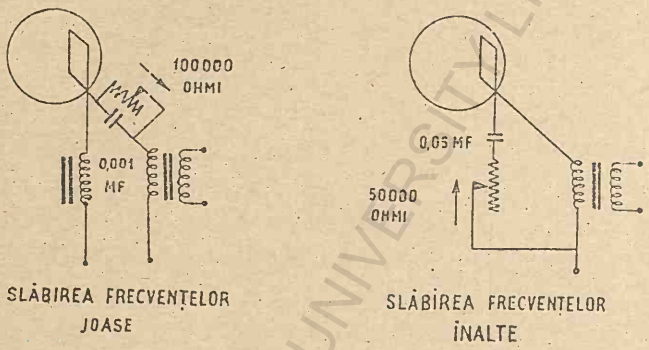


Fig. 266.—Reglaje de tonalitate cu reostat

Expansiunea dinamică

Sunetele cele mai puternice pe care le dă un aparat de radio sunt doar de câteva sute de ori mai puternice decât sunetele cele mai slabe.

Intr'o sală de concert, raportul între « fortissimo » dat de toată orchestra și un « pianissimo » de vioară, poate atinge și depăși raportul de 1.000.000.

Cu alte cuvinte un aparat de radio, nu dă contrastul sonor pe care-l avem în anumite execuții muzicale. Obiectul expansiunii dinamice este obținerea acestui contrast.

Să precizăm întâi câteva date. Gama de sensibilitate a urechii este de 120 de decibeli. In mod normal o orchestră dă o gamă de intensități de 60—80 decibeli, iar sunetele

produse de aparatele de recepţie au o gamă de 35—45 de decibeli, şi numai de 25—35 de decibeli când servesc la reproducerea muzicii înregistrate pe plăci.

Mai întâi de toate, contrastul real nu este şi nu poate fi emis de postul de radio-difuziune. Limita superioară a sunetelor emise depinde de puterea postului şi de adâncimea modulaţiei, care nu poate trece de sută la sută, precum am văzut în cap. XVI. Limita inferioară e dată de inevitabilul sgomot de fond care e proporţional cu puterea postului.

Caietele de sarcini pentru cele mai moderne posturi de radio-difuziune prevăd că sgomotul de fond trebue să fie cel puţin 60 de decibeli sub nivelul unui sunet produs printr'o modulaţie de 80%. Cum sunetele cele mai slabe nu pot fi sub nivelul sgomotului de fond (care le-ar acoperi) rezultă că gama de intensităţi ce se poate obţine e circa 60 de decibeli, adică 1000.

Pentru ca o emisiune muzicală să poată fi cuprinsă în această gamă şi pentru ca, pe de altă parte, să se emită în mod normal cu o modulaţie destul de adâncă, se comprimă contrastul sonor prin anumite reglaje ce le fac inginerii de serviciu în timpul emisiunilor. De aci rezultă necesitatea de a compensa comprimarea printr'o expansiune la recepţie.

Un aparat de radio, luat în sine, are cam aceleaşi limitări de contrast pe care le are şi postul de emisiune, limitare datorită în ultimă analiză, tot de sgomotul de fond. Dacă însă în timpul unei recepţii manevrăm reglajul de volum slăbind pasajele « pianissime » şi întărind pasajele « fortissime » se poate obţine un contrast sonor oricât de mare. Lucrul acesta rezultă în mod evident din faptul că sgomotul de fond se reduce odată cu slăbirea audiţiei (prin reducerea amplificării).

Manevrarea reglajului de volum nu se poate face în condiţiuni convenabile cu mâna şi ca atare se face printr'un dispozitiv automat.

Există o soluție foarte simplă pe care o poate încerca oricine și constă în a monta un bec de lampă de buzunar (de 2 sau 4 V) în paralel cu difuzorul (fig. 267). Dacă difuzorul nu este accesibil, becul se poate monta pe priza de difuzor exterior care se găsește la mai toate aparatele de radio.

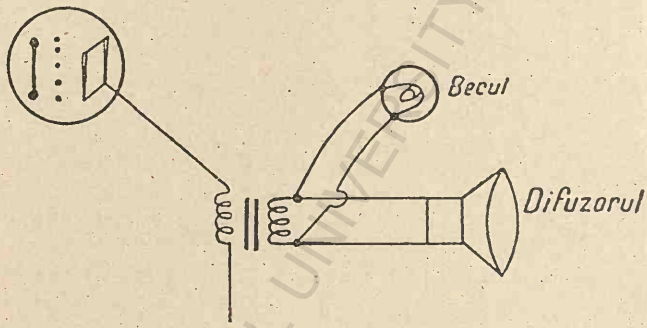


Fig. 267.— Montarea unui bec electric de lampă de buzunar pentru obținerea expansiunii dinamice

Funcționarea e foarte simplă. Filamentul becului își mărește rezistența mult prin încălzire (de 5—10 ori). Astfel în timpul semnalelor slabe, când filamentul becului rămâne rece, difuzorul este șuntat cu o rezistență de circa 10 ohmi, curentul derivat prin această rezistență e mare și ca atare sunetele sunt slăbite. In timpul semnalelor puternice becul devine incandescent, rezistența de șuntare crește, ajunge la 100 ohmi, și astfel curentul derivat prin această rezistență scade mult și trece aproape în întregime prin difuzor, întărind astfel sunetele puternice.

Este de notat că becul electric are o inerție termică care e tocmai potrivită scopului urmărit. Intr'adevăr, dacă

sistemul ar fi lipsit de inerţie şi ar urma toate sinusoidele sonore, le-ar teşi şi ar produce astfel deformări. Dacă sistemul ar avea o inerţie prea mare ar produce deformări de altă natură, prelungind amplificarea necesară pentru semnalele puternice şi în zona semnalelor slabe, şi vice-versa.

Inerţia cea mai potrivită e de aproximativ $^1/_{10}$ secundă, care corespunde pe de aproape cu inerţia termică a becului de buzunar.

Există alte montaje mai complexe, din care unele se bazează tot pe becuri electrice.

Emisiunile muzicale sunt întradevăr îmbunătăţite întru câtva. Vorba însă e deformată pentru simplul motiv că nu se comprimă la emisiune. Chiar şi pe muzică expansiunea dinamică lasă de dorit, căci nu constitue o compensare corectă a emisiunii, întru cât comprimarea nu se face în mod automat după o anumită relaţie matematică, ci manual.

E interesant de amintit că atât comprimarea cât şi expansiunea dinamică s'au întrebuinţat întâi în serviciul telefonic transatlantic ca dispozitiv antiparazit. Prin comprimarea dinamică pasajele slabe modulează unda purtătoare mult mai adânc decât în mod normal. Modulaţia fiind mai adâncă, raportul semnal-paraziţi devine mai favorabil, iar după ce s'a obţinut acest raport favorabil la recepţie, se coboară nivelul la justa lui valoare prin dispozitivul de expansiune dinamică.

Mai e interesant de semnalat că s'au făcut şi înregistrări de gramofon pe acelaşi principiu — comprimând la înregistrare spre a contrasta la reproducere. Astfel s'a redus foarte mult foşnetul acului (se aplică raţionamentul de mai sus pentru telefonia transatlantică) şi pe de altă parte s'a obţinut o gamă de intensitate mult mai întinsă. Intrebuinţând dispozitivul de expansiune potrivit aparatelor de înregistrat, s'a putut obţine o compensare perfectă.

CAPITOLUL XXI

CALITĂȚILE APARATELOR DE RECEPȚIE

Sensibilitatea

Sensibilitatea unui receptor se exprimă prin intensitatea semnalului radioelectric care poate produce alimentarea normală a difuzorului.

Definiția oficială este următoarea:

Sensibilitatea unui receptor se măsoară prin tensiunea în microvolți modulați 30% la 400 cicli pe secundă, ce trebue aplicată la intrare printr'o antenă fictivă normală, pentru a obține la ieșire o putere modulată de 50 miliwați (iar când receptorul nu alimentează un difuzor ci o cască, 1 miliwatt).

Prin antenă normală se înțelege o antenă formată din următoarele elemente montate în serie: o capacitate de 200 $\mu\mu F$, o inductanță de 20 μH și o rezistență de 20 ohmi.

Măsurarea sensibilității se face foarte ușor în laborator, în cabine blindate cu un oscilator calibrat și un aparat de măsurat debitul. Bine înțeles că această din urmă măsurătoare trebue să se facă pe rezistența optimă indicată de fabricantul lămpilor.

Sensibilitatea maximă a aparatelor de recepție atinge aproximativ 1 microvolt. Această cifră ar putea fi depășită dar fără folos, întru cât nici sensibilitatea de 1 microvolt nu poate fi întrebuințată decât foarte rar. Intr'adevăr folosirea sensibilității disponibile e stăvilită de 2 factori:

1. Paraziții, al căror nivel nu scade niciodată sub o anumită limită și

2. Sgomotul de fond al aparatului.

Este evident că din moment ce semnalul scade sub nivelul sgomotului, nu mai poate fi utilizat.

Admițând că alimentarea este filtrată perfect și că nu există nicio oscilație parazită, recepția tot are un sgomot

de fond. Acesta se datorește izolărilor imperfecte și agitației termice în diferitele ei forme: în rezistențe, conductori și mai ales în lămpi unde produce emisiuni electronice neregulate.

Sgomotul de fond este determinat de obiceiu de prima lampă căci semnalele ei sunt cele care se amplifică mai mult. De aceea alegerea acestei lămpi trebue făcută cu toată atenția. Se va prefera o triodă sau o pentodă cu fascicol dirijat (cap. XIV).

Fiindcă am vorbit de sensibilitatea maximă a aparatelor de recepție, 1 microvolt, trebue să adăugăm că semnalele primite de obiceiu sunt mult mai puternice. Astfel zona de serviciu a unei stațiuni de radio-difuziune, se socotește zona în care semnalul are cel puțin 2,5 milivolți pe metru, ceea ce ar corespunde cu un semnal de intrare de 10 milivolți sau 10.000 de microvolți (socotind o antenă cu înălțimea efectivă de 4 metri).

Selectivitatea

Selectivitatea este proprietatea unui receptor de a separa emisiuni de frecvențe apropiate.

După cum am văzut la studiul bandelor laterale, selectivitatea unui receptor este limitată de frecvențele de modulație.

Pentru a recepționa de exemplu o modulație de 4500 cicli pe secundă, selectivitatea trebue să fie de cel mult 9000 cicli sau 9 Kc (fig. 268).

Selectivitatea variabilă

Deși posturile de radio-difuziune ar trebui să emită numai frecvențe până la 4500 Kc fiindcă distanțarea posturilor e după cum am văzut de 9 Kc, ele emit și frecvențe mai ridicate, până la aproape 10.000. Bine înțeles

că în felul acesta audiția e îmbunătățită, dar numai în apropierea postului de emisiune, căci la distanțe mai mari, nu mai pot fi ascultate bandele ce trec de 4500 întru cât se suprapun pe alte emisiuni.

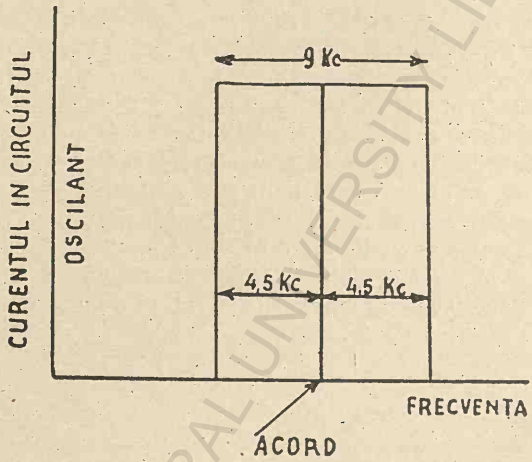


Fig. 268.— Curbă de selectivitate ideală pentru frecvențe muzicale mergând până la 4500 cicli pe secundă

Prin urmare pentru a asculta postul local în cele mai bune condițiuni, selectivitatea receptorului trebue să fie mică, de vreo 20 Kc, iar pentru posturi mai depărtate se cere o selectivitate mai bună pentru a elimina bandele laterale ale altor posturi, cari ar avea cam aceeași intensitate cu postul ascultat. Mărirea selectivității reduce de asemenea paraziții, ceea ce prezintă un deosebit interes pentru ascultarea posturilor îndepărtate.

Intr'adevăr, sacrificând din calitatea audiției prin reducerea bandei la 4 și chiar la 3 Kc se câștigă de obicei în calitate prin reducerea paraziților și a heterodinărilor cu alte posturi cari produc sunete supărătoare și fluierături.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ca atare toate aparatele bune sunt prevăzute cu un reglaj de selectivitate. Acesta constă dintr'un cuplaj variabil între bobinele de medie frecvență, sau câteodată dintr'un comutator prin care se elimină un circuit acordat de medie frecvență, reducând astfel selectivitatea.

Etajele de joasă frecvență sunt adeseori astfel construite ca să amplifice mai mult frecvențele înalte spre a compensa prea marea selectivitate a receptorului.

In unele aparate foarte perfecționate reglajul de selectivitate e automat, selectivitatea crește pe măsură ce semnalele devin mai slabe și vice-versa.

Pentru a încheia iată câteva cifre.

Muzica își păstrează destul de bine caracterul când e redusă la gama de frecvență cuprinsă între 150—3000. Vorba este reprodusă în condițiuni perfect satisfăcătoare în limitele 300—3000, dar rămâne inteligibilă chiar și în limitele 300—2000.

Așa dar recepția optimă a vorbei se obține cu o bandă de 6 Kc. Depășind această bandă nu câștigăm nimic în reproducerea vorbei, în schimb adăugăm paraziți și diferite sgomote.

Pentru recepțiile telegrafice selectivitatea poate să fie mult mai mare. S'a ajuns până la 1 Kc. Pentru a obține o selectivitate atât de mare, se montează un cristal de cvarț în media frecvență.

Pentru a da o idee de excelenta selectivitate a superhete rodinelor moderne e interesant de semnalat că în postul Radio-România (Bod-Brașov) de 150 Kw se pot asculta sub antena de emisiune cele mai multe posturi străine, cu toate că inducția produsă de antenă este atât de puternică încât aprinde lămpile electrice.

Trasarea curbelor de selectivitate

Curbele de selectivitate se trasează cu un oscilator (etalonat atât în ceea ce privește frecvența cât și intensitatea) — în felul următor:

Receptorul rămâne acordat tot timpul pe o frecvență fixă, să zicem 1000 Kc.

Se notează intensitatea semnalului care dă un anumit debit la ieșirea din receptor. De exemplu 12 micro-volți produc un miliwatt la ieșire, când oscilatorul e perfect acordat cu receptorul.

Se desacordează pe urmă oscilatorul etalonat (*nu* receptorul) și se constată că pentru un desacord de 5 Kc (1005 Kc) trebue mărit semnalul de intrare la 240 microvolți pentru a obține debitul inițial de 1 miliwatt. Raportul 240/12 = 20 sau 26 decibeli, ne dă măsura atenuării pentru desacordul de 5 Kc.

Astfel se determină toată curba, punct cu punct.

Prin urmare selectivitatea nu se poate exprima printr'o cifră ci numai printr'o curbă. Dar pe această curbă sunt anumite puncte de interes deosebit care pot exprima destul de precis calitatea curbei de selectivitate. Astfel ne interesează lățimea curbei la 30 decibeli, deoarece aceasta este diferența de nivel la care se înlătură o stațiune perturbatoare. In cazul de față, lățimea curbei la 30 decibeli e de 24 Kc (fig. 269).

Mai interesează lățimea curbei la vârf, la vreo 3 decibeli. Aceasta ne dă o idee de gama de frecvență care nu sunt reduse în mod simțitor din cauza selectivității aparatului. Cu alte cuvinte această cetire ne dă o idee de fidelitatea reproducerii.

In sfârșit, mai interesează și atenuarea la 4, 5 Kc dela acord, căci aceasta indică puterea de separare a două posturi de radio-difuziune vecine.

Modulația încrucișată

Curbele de selectivitate nu dau indicații complete asupra selectivității unui receptor.

Intr'adevăr, superheterodinele prezintă o lipsă de selectivitate pe al doilea canal de heterodinare.

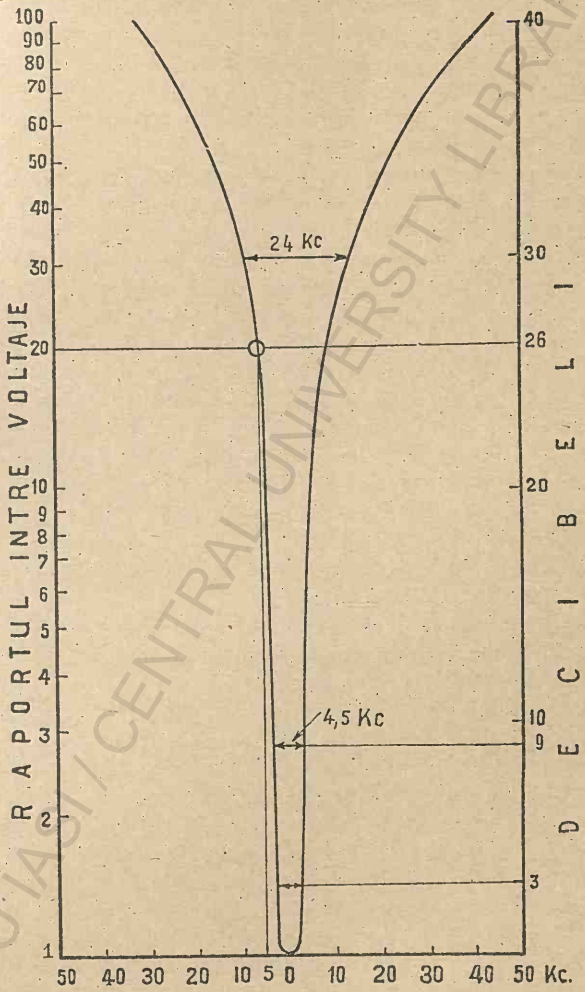


Fig. 269. — O curbă de selectivitate

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Selectivitatea aceasta trebue cercetată în mod special întru cât nu intră în curba obişnuită (fig. 269), frecvenţa ei fiind prea depărtată de această curbă.

Selectivitatea mai este însă redusă şi printr'un alt fenomen, care se poate produce la orice tip de receptor şi anume modulaţia încrucişată.

Dacă la sita primei lămpi se suprapune pe semnalul căutat un al doilea semnal foarte puternic, acesta poate deforma în mod periodic semnalul căutat prin faptul că deplasează punctul de funcţionare al lămpii până în regiunile curbe ale caracteristicei.

Pentru a ilustra mai bine acest fenomen se poate face următoarea analogie: un diapazon vibrează regulat pe o frecvenţă de 1000 (semnalul). Dar cursa diapazonului e limitată de două puncte de oprire, destul de îndepărtate pentru a nu fi atinse de diapazon în cazul vibraţiei normale considerate aci. Dacă acum imprimăm diapazonului o a doua vibraţie foarte puternică de exemplu de 50 cicli pe secundă, va rezulta o deplasare atât de mare încât diapazonul va atinge punctele de oprire de 50 de ori pe secundă şi astfel se deformează în mod periodic sinusoida pură de 1000 cicli pe secundă.

Este evident că dacă se produce o deformare de această natură, semnalele nu vor mai putea fi separate ulterior oricât de selectiv ar fi aparatul.

Dar modulaţia încrucişată nu se manifestă numai printr'o lipsă de selectivitate care produce suprapunerea a două audiţii ci şi prin deformări şi apariţia de armonice, care produc fluierături şi alte neajunsuri.

Pentru a evita modulaţia încrucişată, prima lampă trebue să aibă o caracteristică liniară destul de lungă şi în al doilea rând, trebue ferită de semnale prea puternice.

Aceasta se poate face prin adăugarea unui circuit oscilant înainte de prima lampă, sau prin adăugarea unui filtru, pentru slăbirea semnalului perturbator. Montarea filtrului e dată în fig. 233 şi cum randamentul său

depinde de rezistența dinamică la rezonanță care trebue să fie cât mai mare, e important ca filtrul să aibe o mică rezistență în înaltă frecvență (R cât mai mic).

Fidelitatea

Fidelitatea sau perfecta reproducere a sunetelor e o problemă dificilă și completă.

Se cere în primul rând ca receptorul să amplifice în mod uniform toate frecvențele dela 30—10.000 sau chiar mai mult. Cu alte cuvinte nu trebue să se observe niciun fel de rezonanță care să favorizeze anumite frecvențe.

In al doilea rând se cere ca receptorul să nu introducă armonice sau alte frecvențe noui.

Dacă modulația introdusă e sinusoidală pură, nota la ieșire trebue să aibă aceeași formă. Orice abatere dela sinusoidă denotă apariția armonicelor (conform teoremei lui Fourier, cap. IX) care deformează audiția. Dar pot să apară și alte frecvențe decât armonicele și acestea sunt mult mai supărătoare, ele se produc prin neliniaritatea caracteristicei lămpii de joasă frecvență. Dacă această lampă amplifică în același timp o frecvență de 100 și de 1000, apar frecvențe de 900, 1100, 800, 1200, etc., constituind o importantă cauză de deformare. Remediul e, precum am văzut, reacția negativă.

Deformația produsă prin apariția altor frecvențe decât cea primită, se exprimă printr'un factor numit în limba germană « Klirrfaktor », care se definește astfel:

$$k = \frac{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots}}{A_0^2}$$

în care

A_1, A_2, etc., sunt amplitudinile frecvențelor suprapuse și

A_0 e amplitudinea frecvenței recepționate

« k » se exprimă de obiceiu în procente, așa încât expresia de mai sus se înmulțește cu 100.

In concluzie, « Klirrfaktor »-ul exprimă procentul de putere, care se manifestă prin armonice, față de puterea fundamentalei.

Determinarea experimentală se poate face eliminând fundamentala prin filtrări.

In sfârșit, se poate întâmpla ca sunetele produse de difuzor să nu fie proporționale cu adâncimea modulației, de exemplu din cauza unei detecții defectuoase.

Așa dar principalele cauze de deformare se pot rezuma astfel:

1. Amplificare neuniformă a diferitelor frecvențe.

2. Adăugare de frecvențe noui, exprimate prin « Klirrfaktor ».

3. Amplificare neproporțională cu adâncimea modulației.

Dar recepția pierde din naturalețe și dacă receptorul are un sgomot de fond, sau de sector, dacă contrastul sonor nu este corect și dacă nivelul sonor nu e bine potrivit cu butonul de volum.

Intr'adevăr, amplificarea sonoră nu se face ca amplificarea optică. De exemplu, la mărirea unei fotografii se menține raportul exact între diferitele linii și suprafețe, pe când la mărirea intensității unei audiții se produce un desechilibru între notele joase și notele înalte, chiar dacă amplificarea se face în condițiuni perfecte. Aceasta se datorește urechii noastre care dă impresia că prin întărirea audiției crește mai mult intensitatea notelor joase, decât a notelor înalte, — și viceversa. De altfel știe oricine că muzica îndepărtată se caracterizează prin lipsa notelor joase și că această lipsă dă impresia de distanță.

Prin urmare, amplificarea receptorului poate fi perfect uniformă pe toate frecvențele, dar dacă nu se reglează volumul la nivelul potrivit, audiția pare deformată. Deformarea este mai ales supărătoare când amplificarea trece de intensitatea normală. Când intensitatea este sub normală, avem impresia de depărtare, deși această

depărtare nu se potrivește cu apropierea difuzorului a cărui poziție o cunoaștem exact. Când însă intensitatea trece de normal, se produce un desechilibru între frecvențele joase și înalte pe care nu le-am mai auzit niciodată, dând o puternică impresie de deformare. Pentru a compensa efecte de felul acesta și mai ales pentru a adapta audiția la rezonanța camerei se prevăd reglaje de tonalitate prin care se pot întări sau slăbi notele joase cât și cele înalte (vezi fig. 265 și 266).

In sfârșit, pentru buna reproducere a sunetului mai avem elementul covârșitor de important, difuzorul.

Numeroasele perfecționări de amănunt aduse în ultimul timp, au făcut din difuzor un aparat aproape ideal. Rămâne însă cu un singur cusur, distribuția spațială a frecvențelor nu e uniformă. Frecvențele înalte sunt concentrate mai mult pe axa lui, pe când frecvențele joase sunt distribuite aproape uniform în spațiul înconjurător. Așa dar pentru a avea o audiție bună trebue să ascultăm întotdeauna pe axa difuzorului.

CAPITOLUL XXII

PARAZIȚII

Prin paraziți se înțeleg perturbațiile electromagnetice datorite cauzelor străine radiocomunicațiilor.

Paraziții turbură recepțiile și limitează bătaia posturilor de emisiune. Intr'adevăr, bătaia nu este limitată atât prin slăbirea semnalului cu distanța, — care se compensează cu mărirea sensibilității receptorului [1]) cât prin acoperirea semnalului de paraziți. Dacă într'un anumit punct paraziții ating o intensitate care acoperă semnalul, sensibilitatea receptorului nu mai e de niciun folos întru

[1]) Astăzi se pot construi aparate oricât de sensibile. Limita la care se oprese constructorii e determinată de sgomotul de fond al aparatului și nivelul paraziților.

cât odată cu amplificarea semnalului, receptorul amplifică în aceeaşi măsură şi paraziţii şi semnalul rămâne tot acoperit.

In concluzie, recepţia nu depinde de intensitatea paraziţilor, ci de *raportul dintre intensitatea paraziţilor şi intensitatea semnalului.*

Natura paraziţilor

Paraziţii se împart în două categorii: atmosferici şi industriali [1]).

Primii se produc în natură şi se datoresc de obiceiu descărcărilor atmosferice, de unde şi numele lor. Dar nu este vorba numai de descărcările vizibile, fulgerile, ci şi de descărcările ce nu sunt însoţite de lumină şi care se produc şi pe cer senin.

Aceşti paraziţi iau naştere atât în partea inferioară a atmosferei prin deplasarea şi frecarea straturilor de aer, cât şi în partea superioară, prin radiaţiile şi bombardamentele solare.

Este în sfârşit interesant de semnalat că există şi paraziţi cari îşi au originea înafara sistemului solar, în Calea Lactee, — după cum a arătat Karl Janski din New-York printr'o lungă serie de experienţe începute în anul 1932.

Paraziţii atmosferici variază foarte mult cu ora din zi cu anotimpul şi cu locul unde se ascultă. Ating în general o intensitate maximă vara pe la ora 14, şi sunt întotdeauna mult mai puternici în regiunile ecuatoriale. Au mai ales variaţii neregulate, depinzând de furtunile apropiate sau depărtate, de activitatea solară, etc. In sfârşit nivelul paraziţilor variază foarte mult şi cu lungimea de undă.

---

[1]) Ar trebui să adăugăm, şi o a treia categorie care nu intră de obiceiu sub denumirea de paraziţi şi anume sgomotele aparatului. Acestea provin din filtraj imperfect, emisiunea electrică neregulată şi sgomote produse de prize imperfecte: izolatori cu scurgere, rezistenţe microfonice, etc.

In general nivelul paraziților scade cu lungimea de undă (fig. 270). Cu alte cuvinte avem mai puțini paraziți pe unde scurte, și sub 10 metri dispar complet. De altfel oricine a observat că pe unde scurte sunt întotdeauna mai puțini paraziți decât pe unde lungi.

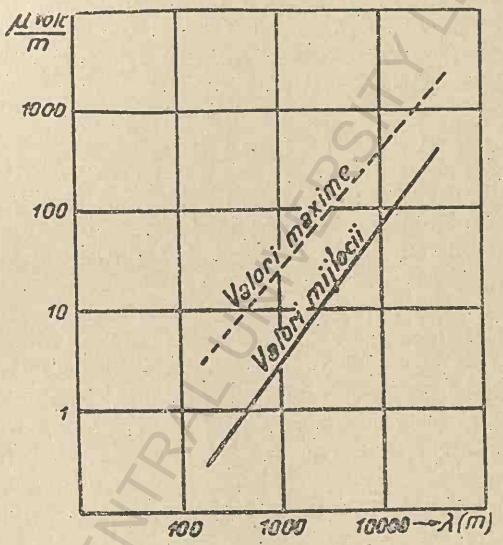


Fig. 270. — Valoarea aproximativă a paraziților pe diferite frecvențe

Din această cauză, posturile pe unde lungi trebue să dea semnale mai puternice decât posturile pe unde scurte. Astfel de exemplu Societatea Română de Radiodifuziune socotește că Radio-București (362 m) poate fi bine auzit în regiunile unde produce un câmp de cel puțin 1 milivolt pe metru și trasează această limită pe hartă, iar pentru Radio-România (1875 m) trasează curba care indică limita de 5 milivolți pe metru (fig. 299).

Paraziții industriali sunt produși de diferitele descărcări electrice de obiceiu în formă de scântei care iau naștere în diversele instalațiuni și aparate electrice: întreruptori, sonerii, motoare și motorașe de toate felurile, troleurile de tramvaiu, aparate medicale, etc. Și acești paraziți au în general o intensitate mai mică pe unde scurte. Paraziții industriali turbură recepțiile atât prin radiație directă cât și mai ales prin propagarea lor de-a-lungul rețelei electrice.

Raportul între paraziți și semnal

Se admite în general că perturbația produsă de paraziți devine supărătoare când aceștia depășesc 15% din semnal, când avem adică raportul 1/7 (intensitatea câmpurilor).

Diferitele legislații în vigoare socot însă că paraziții nu trebue să depășească 5% din semnal (1/20 sau o diferență de nivel de 26 decibeli). Dar audiția e socotită fără paraziți când acestea reprezintă mai puțin de 2% din semnal.

In fond aceste cifre sunt destul de arbitrare și variază dela caz la caz. Astfel pentru recepția telegrafiei intensitatea paraziților poate depăși chiar intensitatea semnalelor, iar pentru audiția plăcută a unui concert de abia se admite raportul 1/200.

In sfârșit raportul admis între parazit și semnal depinde și de durata mijlocie a parazitului. Evident că un parazit de foarte scurtă durată va putea fi mai puternic decât un parazit care durează aproape tot timpul.

Reducerea paraziților la sursă

Metoda cea mai eficace de a lupta împotriva paraziților industriali este suprimarea sau mai exact reducerea lor la sursă prin dispozitive antiparazite. Aceste dispozitive urmăresc:

1. Absorbirea paraziților într'un condensator care e pus la pământ, sau nu.

2. Amortizarea, prin bobine de șoc sau rezistențe.

3. Reducerea radiației prin blindare.

Un contact dintr'un circuit neinductiv (de exemplu termostatul unei perini electrice) se poate deparazita printr'un simplu condensator de vreo 0,2 MF (fig. 271).

Un contact în legătură cu un circuit inductiv (de exemplu o sonerie electrică) se deparazitează cu un condensator completat printr'o rezistență de amortizare (fig. 271) *b*.

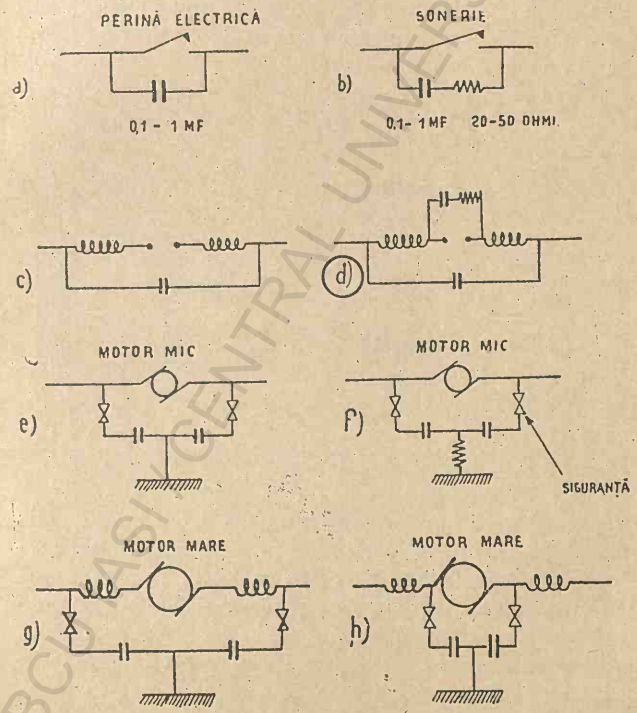


Fig. 271 — Obișnuitele dispoztive de deparazitare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dar această deparazitare nu e suficientă la aparate mai mari și mai complexe. Se va alege atunci unul din sistemele din fig. 271 *c*, *d*, *e* sau *f*. De notat că ori de câte ori se face deparazitarea unui aparat electric prin punere la pământ trebue să se monteze și fuzibile sau siguranțe pentru a înlătura scurtcircuitarea care s'ar produce la clacarea unui condensator. Fig. 271 *d* reprezintă un dispozitiv desăvârșit de deparazitare care e completat prin bobine de șoc. Acestea stăvilesc înaintarea pe linie a paraziților reziduali.

Dar inductanțele sunt de obiceiu voluminoase și costisitoare (căci trebue să ducă un curent de intensitate mare) și se vor evita pe cât se poate.

Fig. 272 și 273 arată aspectul dispozitivelor de deparazitare.

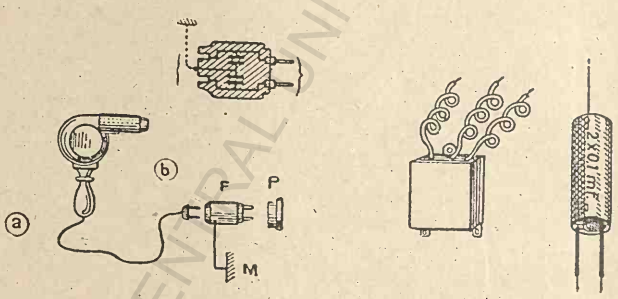


Fig. 272. — Aspectul dispozitivelor de deparazitare

Deparazitarea bujiilor dela motoarele cu explozie (la automobile de exemplu) se face prin montarea unei rezistențe de 20.000 de ohmi chiar pe bujii. Deparazitarea astfel obținută nu e decât parțială și ar trebui completată prin blindarea integrală a întregului sistem de aprindere. Deparazitarea motoarelor de avion cere un blindaj atât de perfect, încât se ține seama de toate cerințele deparazitărei chiar la proiectarea motorului.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Blindarea este singurul remediu eficace și în alte cazuri, de exemplu la aparatele de diatermie. Dar este bine

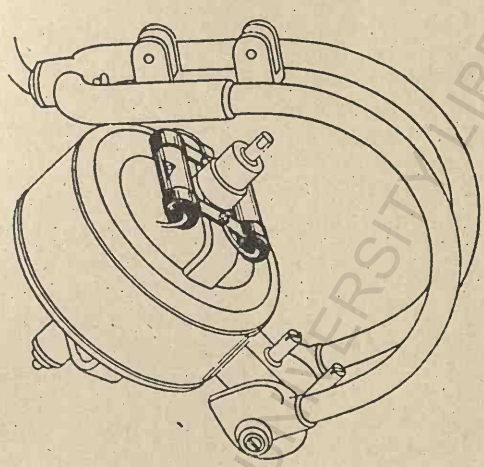


Fig. 273 a. — Deparazitarea unui motor mic

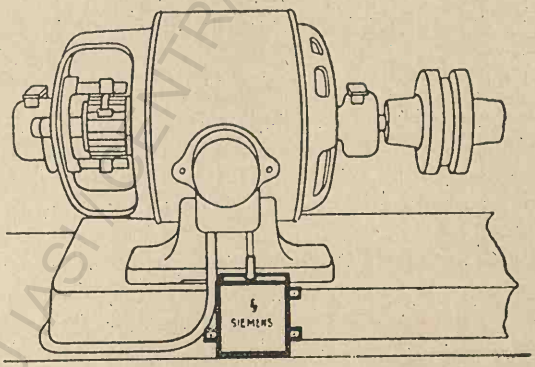


Fig. 273 b. — Deparazitarea unui motor mare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

înțeles că trebue blindat și bolnavul așa încât se cere blindarea întregei camere, — lucru destul de greu și de costisitor.

Statistica arată că în orașele mari majoritatea paraziților se datoresc motoraşelor electrice (dela ventilator, răcitor, aspirator de praf, mașini de cusut etc.) și abia după aceste cauze de perturbații urmează uzinele electrice, tramvaele, reclamele luminoase și altele.

De câțiva ani au intrat în vigoare diferite legi obligând atât pe constructorii de aparate electrice cât și pe cei cari întrebuințează aparate mai vechi să le deparaziteze. In general un aparat se consideră deparazitat când tensiunea parazitului la bornele aparatului are mai puțin de 500 de microvolți [1]) pe orice frecvență cuprinsă între 200 și 1500 Kc (1500—200 metri) iar semnalul radiat să fie mai mic de 100 microvolți pe metru la 3 metri distanță (tot pe gama 200—1500 Kc).

Inainte de a deparazita un aparat electric trebue însă revăzută instalația întrucât cei mai mulți paraziți se datoresc contactelor defecte, periilor murdare și altor cusururi de felul acesta.

Reducerea paraziților la recepție

Colectorul de unde.

Pentru a reduce paraziții la recepție, trebue să ne concentrăm atenția mai întâiu asupra colectorului de unde.

Spre a obține un raport favorabil între paraziți și semnal, colectorul trebue scos de sub influența imediată a paraziților.

Deci se va instala în regiuni ferite de paraziți, de exemplu la țară. In orașele mari se vor monta antene exterioare ridicate deasupra caselor cu coborîrea blindată, dacă se poate.

---

[1]) E vorba să se reducă această limită mai târziu la 200 microvolți.

Antena va fi de preferință verticală pentru a fi mai ferită de inducțiile diferitelor linii electrice purtătoare de paraziți.

Dacă antena e orizontală o vom așeza perpendicular pe linia tramvaiului din apropiere și cu coborîrea în capătul opus tramvaiului.

Dar după cum am văzut, efectul direct al antenelor e puțin pronunțat [1]) și dacă vrem să eliminăm complet paraziții care vin dintr'o anumită direcție trebue să recepționăm pe cadru.

Această soluție nu dă întotdeauna rezultate bune în oraș din cauză că semnalele sunt foarte slabe în interiorul caselor prin absorbțiile produse de armătura betonului, rețelele electrice, conductele de apă, calorifer, etc. — iar montarea și mai ales manevrarea unui cadru exterior e lucru foarte greu.

La țară însă cadrul poate fi întrebuințat cu mai mult succes mai ales pentru a elimina paraziții produși de vreo furtună apropiată.

Intru cât cadrul acționează de obiceiu și ca antenă, trebuesc luate precauțiuni speciale pentru a elimina complet efectul de antenă. Pentru aceasta se recurge la dispozitivele arătate în capitolul despre cadru.

Receptorul.

Mărirea selectivității constitue o primă soluție pentru reducerea paraziților.

Dar această soluție e departe de a fi suficientă întru cât paraziții acționează mai mult prin șoc. Ei produc adică izbutiri electrice cari determină oscilații pe orice frecvență.

---

[1]) Nu discutăm aci perdelele de antene directive, cari dau rezultate excelente pe lungimi de undă fixe și direcție fixe, întru cât sunt foarte costisitoare și nu se pot întrebuința decât pentru legături comerciale.

Blindajele întrebuințate pe o scară extensivă constitue o importantă protecție antiparazită.

Aparatele de sector trebuesc ferite în primul rând de pătrunderea paraziților rețelei electrice. Pentru aceasta se montează un blindaj electrostatic în transformatorul de rețea. Acest blindaj constă dintr'o tablă metalică înfășurată pe primar și pusă la pământ. Bine înțeles că tabla nu trebue să se atingă la capete, cari trebuesc izolate, altfel s'ar produce un scurt circuit.

Se mai montează câteodată și condensatori puși la pământ și chiar bobine de șoc de înaltă frecvență.

Dar indiferent dacă aparatul e alimentat la sector sau nu, toate piesele și circuitele de înaltă frecvență trebuesc perfect blindate pentru a le feri de influența directă a paraziților. Este evident că dacă avem de exemplu un șir de zece circuite acordate (ca în superheterodinele moderne), aceste circuite acordate nu ar fi de mare folos dacă paraziții ar pătrunde direct în ultimul circuit acordat. Când însă paraziții trebue să treacă neapărat prin cele zece circuite acordate, neputând pătrunde pe căi lăturalnice din cauza blindajelor, atunci paraziții sunt bine înțeles foarte atenuați.

Să vedem acum dacă afară de blindare se mai pot reduce paraziții și pe alte căi, de exemplu prin artificii de montaj.

S'au propus fel de fel de soluții foarte ingenioase și din nenorocire puțin eficace. Numai trei sunt cu adevărat interesante:

Sistemele diferențiale,

Dispozitivele limitatoare și

Modulația de frecvență.

Sistemul diferențial constă în recepționarea semnalului, și a unei a doua lungimi de undă alăturată. Se poate spune că paraziții sunt identici pe cele două lungimi de unde recepționate și dacă aceste două semnale se scad unul dintr'altul, diferența rezultantă ar trebui să fie numai semnalul întru cât paraziții se anulează.

In practică însă sistemul nu merge. Mai întâi de toate lungimea de undă alăturată nu este întotdeauna liberă. In al doilea rând, — și aceasta este adevărata piedecă, — se produce o defazare a paraziților în cele două circuite care nu sunt identice și astfel nu se mai poate face anularea paraziților prin scădere, mai ales că aceștia se manifestă, precum am văzut, mai mult prin șoc.

Experiența arată că sistemul diferențial produce totuși o reducere a paraziților dar nu constitue o soluție practică.

Dispozitivul limitator a fost obiectul a numeroase brevete și a început să dea rezultate bune.

Principiul se poate rezuma astfel: aparatul se închide automat ori de câte ori apare un parazit cu amplitudinea mai mare decât amplitudinea maximă a semnalului (semnalul modulat 100%). Inchiderea durează foarte puțin, miimi de secundă, așa încât nu se observă decât în cazurile când se repetă prea des. Bine înțeles că închiderea aparatului, sau mai bine zis stingerea audiției nu se face printr'o întrerupere mecanică căci ar produce un țăcănit și n'ar fi destul de rapidă.

Stingerea se face de obiceiu printr'o diodă.

In primele montaje antiparazite dioda îndeplinea doar funcțiunea de limitator de curent (limitare determinată de curentul ei de saturație). Astfel nu se puteau produce sunetele mai puternice decât semnalul. Aceste montaje au dat rezultate slabe.

In montajele moderne, dioda scurtcircuitează joasa frecvență, sau paralizează dioda detectoare.

Dăm un exemplu de montaj antiparazit în figura 274.

Când semnalul trece de o anumită limită (fixată cu reostatul R_1) dioda antiparazită scurtcircuitează atât ultimul etaj de medie frecvență, cât și pe R_U, rezistența de utilizare a diodei.

Când recepția e însoțită de paraziți puternici dispozitivul acesta îi reduce la mai puțin de o zecime, Bine înțeles

că se introduc în schimb oarecare deformări, nu însă supărătoare.

Făcând bilanțul, câștigul e mai mare decât pierderea atât în ceea ce privește valoarea artistică a audiției cât și mai ales în ce privește inteligibilitatea care crește foarte mult.

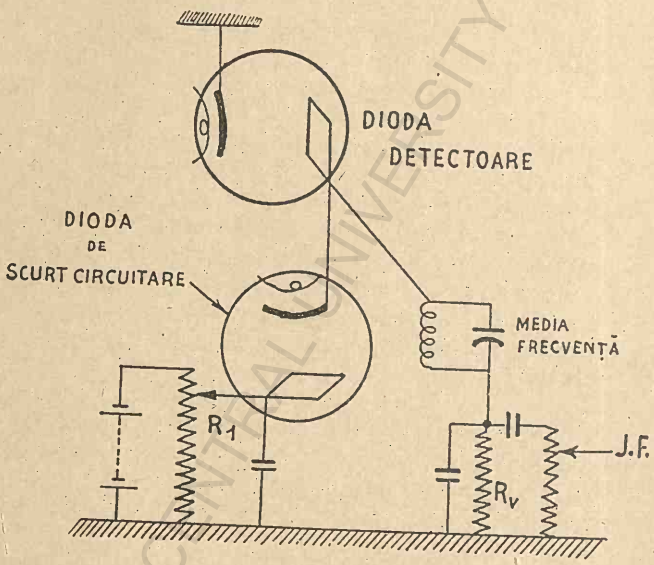


Fig. 274. — Montaj antiparazit

Modulația de frecvență a fost realizată de Edwin Armstrong în America.

Acest sistem constă în a modula emisiunea în frecvență în loc de a o modula în amplitudine (fig. 185). Cu alte cuvinte, în loc de a menține frecvența emițătorului-constantă și de a varia amplitudinea așa cum se face de obi-

ceiu, modulația de frecvență menține amplitudinea fixă și variază frecvența.

Bine înțeles că atât construcția aparatelor de emisie cât și a celor de recepție diferă mult de construcția aparatelor obișnuite.

Reducerea paraziților se obține numai cu condiția de a varia frecvența în limite mult mai mari decât intervalul bandelor laterale care apar în obișnuita modulație de amplitudine. Prin urmare modulația de frecvență ocupă un spectru mult mai întins decât modulația de amplitudine. Din această cauză modulația de frecvență se face numai pe unde foarte scurte (sub 10 m), unde există canale libere și unde nu apar dificultăți technice prea mari de a emite și recepționa o bandă întinsă.

Prin faptul că emisiunile se fac pe unde metrice, bătaia acestor posturi rămâne de obiceiu sub 100 km.

Mecanismul prin care se elimină paraziții se reduce în fond la principiul compensării enunțat mai sus, dar e prea complex ca să-l studiem aci.

Suprimarea paraziților este aproape completă. Astfel audițiile câștigă foarte mult în naturalețe.

E interesant de notat că numărul posturilor de emisiune modulate în frecvență este în continuă creștere în Statele Unite ale Americii. In Europa n'au apărut încă.

Pare foarte probabil că într'un viitor apropiat toate centrele mari vor avea posturi de emisiune modulate în frecvență pentru audițiile de calitate. Modulația de amplitudine se va menține, fiind necesară pentru distanțe mari.

Aparatele de recepție pentru public vor trebui să fie construite și pentru modulația de frecvență și pentru modulația de amplitudine. De altfel în America se găsesc astfel de aparate de câțiva ani.

Trecerea dela un sistem de modulație la celălalt se face printr'un simplu comutator, așa cum se comutează în aparatele obișnuite gamele de lungimi de undă.

Legiferarea contra paraziților

In ultimii zece ani au apărut aproape în toate țările legi pentru reducerea paraziților industriali.

Aceste legi obligă pe constructorii de aparate electrice (motoare, etc.) să le prevadă cu dispozitive antiparazite, și mai obligă pe cei cari produc paraziți cu aparate vechi sau cu instalații defectoase să le deparaziteze.

Nu este locul de a face aci un studiu comparativ al diferitelor legislații antiparazite care se rezumă în fond la cele de mai sus. Aceste legi diferă prin nivelul de paraziți pe care îl tolerează, prin metodele întrebuințate la determinarea acestui nivel, prin sancțiunile prevăzute, etc.

La noi s'au fixat câteva norme în « Regulamentul Legii pentru organizarea și funcționarea Radiodifuziunii », publicată în *Monitorul Oficial* (Partea I) Nr. 282 din 29 Noemvrie 1940.

Problema paraziților e considerată în mod general întru cât toate precizările urmează să fie date în « Instrucțiunile Technice » ale Societății Române de Radiodifuziune. Aceste instrucțiuni n'au apărut până în prezent (Februarie 1941), dar sunt în lucru.

Regulamentul din *Monitorul Oficial* aduce o singură precizare importantă:

« Art. 77. Termenul alocat pentru adoptarea sistemelor antiparazite este:

Pentru aparate casnice, de șase luni.

Pentru aparate medicale, de nouă luni.

Pentru aparate comerciale și industriale de 12 luni, cu începere dela data publicării în *Monitorul Oficial* al prezentului regulament » (29 Noemvrie 1940).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PARTEA A VI-a

EMISIA

CAPITOLUL XXIII

PRODUCEREA OSCILAȚIILOR DE INALTĂ FRECVENȚĂ ȘI RADIAȚIA LOR

Un emițător se reduce în fond la o lampă oscilatoare cuplată de o antenă de emisiune.

Pentru ca energia radiată să servească la transmisia unui semnal, oscilațiile lămpii trebuesc sau întrerupte periodic, — pentru telegrafie — sau variate în amplitudine, adică modulate pentru emisiunile telefonice [1]).

Ca atare problemele emisiunii se pot rezuma astfel:

1. Producția oscilațiilor de înaltă frecvență.
2. Modulația.
3. Montaje de emisiune.

Producerea oscilațiilor de înaltă frecvență

Se urmărește:

1. Obținerea unei puteri mari sau a unui randament mare.
2. Radiația oscilațiilor.
3. Menținerea fercvenței la o valoare riguros constantă.

---

[1]) Aceasta este modulația de amplitudine. Mai există însă precum am văzut și modulația de frecvență.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Producerea oscilațiilor a fost studiată în linii generale, în cap. XVIII unde am văzut condițiile necesare pentru a obține o putere mare și un randament mare. La posturile de emisiune mici se urmărește de obiceiu, o putere mare, pe când la posturile puternice, interesează mai mult randamentul.

Dar în posturile de emisiune energia produsă nu trebue să rămână în circuitul oscilant, ci trebue radiată. Avem două alternative: sau producem oscilațiile în circuitul oscilant deschis (sistemul antenă-pământ (fig. 275) sau transpunem oscilațiile în acest circuit spre a fi radiate (fig. 276) — dintr'un circuit oscilant închis.

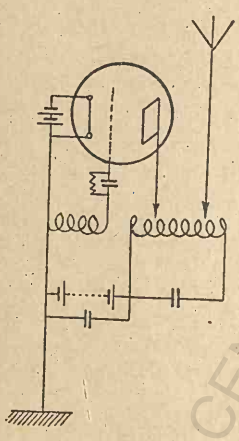


Fig. 275 — Producerea oscilațiilor chiar în circuitul antenă-pământ

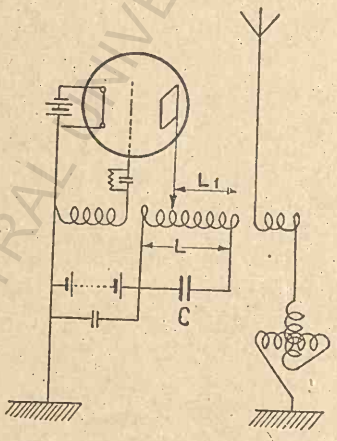


Fig. 276. — Transpunerea oscilațiilor în circuitul antenă-pământ

Deși s'ar putea crede la prima vedere că se obțin rezultate mai bune, când se produc oscilațiile chiar în circuitul oscilant deschis, se constată că prin cuplajul inductiv se obțin mai multe avantaje:

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1. Nu mai avem înaltă tensiune în antenă (aceasta s'ar fi putut obţine însă şi pe alte căi).

2. Legătura cu pământul nu mai trece prin aparat, e mai directă, deci mai bună.

3. Frecvenţa undei emise e mult mai constantă fiind determinată de circuitul oscilant închis şi nu de antenă care îşi schimbă caracteristicele după poziţia ei — mai mult sau mai puţin variabilă — după umezeală, etc. E adevărat că şi în cazul circuitului inductiv, antena poate desacorda circuitul oscilant închis, dar într'o mult mai mică măsură.

4. Se elimină armonicele. Acesta constitue unul din avantajele cele mai importante.

Este destul de greu de a produce oscilaţii pur sinusoidale. Dacă avem un cuplaj prea strâns între circuitul de sită şi de placă, dacă negativarea nu e corectă, dacă în sfârşit lucrăm în clasa B sau C, sinusoida oscilaţiei se deformează şi astfel apar armonice.

Dar aceste armonice se reduc foarte mult în antenă, care este un circuit oscilant oarecum independent, acordat pe fundamentală, care oscilează sinusoidal sub influenţa impulsurilor primite. Astfel emisiunea nu mai turbură recepţiile acordate pe multiplii frecvenţei emise.

Pe lângă toate avantajele de mai sus, cuplajul inductiv, prezintă şi oarecare neajunsuri. Astfel avem în mod inevitabil pierderi de energie mai ales cu un cuplaj mai larg.

Cuplajul are o importantă foarte mare şi e determinat de mai mulţi factori. In primul rând circuitul antenă-pământ încarcă circuitul oscilant închis cu o rezistenţă care e egală cu $\frac{\omega^2 M^2}{R_2}$ în care M este cuplajul şi R_2 rezistenţa circuitului antenă-pământ.

Fără circuitul antenă-pământ, sarcina anodică e formată din circuitul oscilant LC, (fig. 276), a cărui rezistenţă dinamică e

$$R = \frac{L}{C\,R_{oscil.}} \qquad \text{cap. (IV)}$$

(când priza e în punctul 1, circuitul anodic cuprinde aşa dar toată inductanţa L).

Sau în forma mai generală

$$R = \frac{\omega^2\,L_1^2}{R_{oscil.}}$$

(cazul figurii 193 când numai inductanţa L_1 e cuprinsă în circuitul anodic).

Adăugând acum circuitul antenă-pământ, sarcina anodică creşte cu rezistenţa reflectată de acesta $\left(\frac{\omega^2\,M^2}{R_2}\right)$ şi astfel sarcina anodică devine

$$R = \frac{\omega^2\,L_1^2}{R_{oscil.} + \frac{\omega^2\,M^2}{R_2}}.$$

Aşa dar, pentru a avea un procent de putere cât mai mare, în antenă, rezistenţa acesteia trebue să fie cât mai mică şi cuplajul cât mai strâns.

Dar cuplajul nu trebue să fie nici prea strâns căci produce desacordări mai ales sub forma de schimbări brusce de lungimi de undă. Acesta este al doilea neajuns.

Nu intrăm în studiul acestui fenomen, dar trebue totuşi să arătăm în câteva cuvinte din ce constă.

Când se întreţin oscilaţii într'un circuit (Nr. 1) strâns cuplat de un al doilea circuit oscilant (Nr. 2) sistemul acesta oscilează pe frecvenţa 1 atâta timp cât 2 este complet desacordat. Când însă al doilea circuit se apropie de acordul primului circuit sistemul devine nestabil. Se formează un sistem complex cu două frecvenţe proprii şi lampa oscilează fie pe una din aceste frecvenţe, fie pe

BOLYAI UNIVERSITY LIBRARY

cealaltă frecvenţă. Trecerea se face brusc şi e determinată de cauze foarte mărunte: desacordarea inevitabilă şi continuă a celor două circuite, mici schimbări în amortizarea lor, etc. Aceste modificări se produc printr'o uşoară deplasare a antenei, prin neînsemnate schimbări în circuitele lămpii, variaţia tensiunilor de alimentare etc. Saltuvile dela o lungime de undă la alta, sunt însoţite de schimbări subite în arătările aparatelor de măsură şi astfel pot fi uşor constatate la postul de emisiune.

Pentru înlăturarea acestui fenomen, cuplajul antenei trebue să fie întotdeauna mai larg precum am arătat mai sus.

Am stabilit aşa dar că oscilaţiile trebue să se producă într'un circuit oscilant închis, cuplat de o antenă acordată [1]), — şi că acest cuplaj nu trebue să fie prea strâns. Dar se pot obţine rezultate şi mai bune cu un montaj puţin mai complex.

Oscilatorul pilot (« *Master oscillator* »)

Pentru a obţine o mai mare stabilitate de frecvenţă se întrebuinţează montajul din fig. 277.

Oscilaţiile sunt produse de o lampă numită « oscilator-pilot » şi aplicate pe sita lămpii « Emis », care îndeplineşte astfel funcţiunea de amplificatoare. Aşa dar cele două circuite oscilante I şi II nu sunt cuplate nici inductiv, nici capacitiv, nici prin rezistenţă ci pe cale electronică. De notat că în această schemă s'au compensat şi cuplajele parazite prin introducerea condensatorului de neutrodinare *N*.

Aşa dar circuitul oscilant (I) nu este influenţat de loc de al doilea circuit oscilant. Legătura e unilaterală în sensul că circuitul I determină oscilaţii în circuitul II, dar circuitul II nu poate influenţa în niciun fel circuitul I.

[1]) Pentru undele scurte antena poate fi dezacordată fiindcă rezistenţa de radiaţie devine atât de mare încât acordul nu mai are importanţă.

Pentru ca circuitul pilot I să fie ferit şi de efecte capacitive accidentale, se închide într'o cutie de blindaj. Nu numai atât, în posturile mari de emisiune se ţine într'un termostat pentru a-l feri şi de variaţiile de temperatură. Având grije ca şi alimentarea să fie perfect constantă, variaţiile de frecvenţă devin extrem de mici.

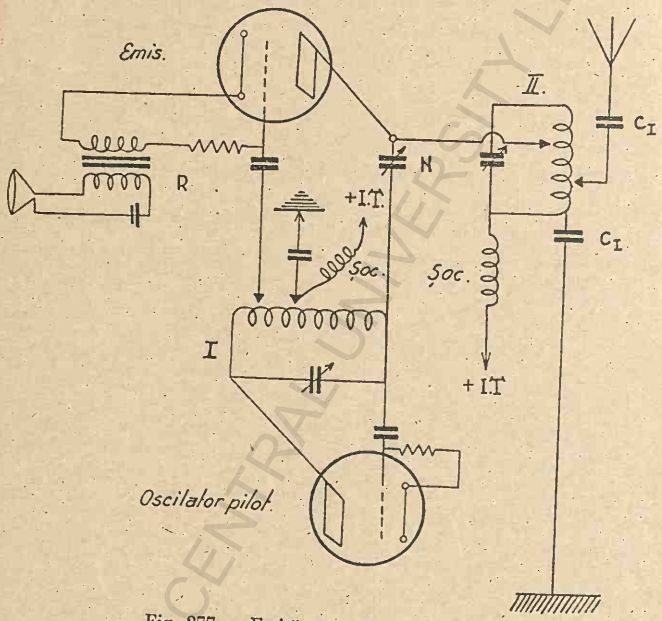


Fig. 277. — Emiţător cu oscilator pilot

Dar menţinerea frecvenţei la o valoare constantă nu este singurul avantaj al oscilatorului pilot. Mulţumită acestui dispozitiv se poate obţine un randament mai bun. Intr'adevăr, lampa de emisiune devine precum am văzut o simplă amplificatoare şi ca atare poate avea un randament mult mai bun decât o auto-oscilatoare. Mai mult

decât atât, şi cuplajul cu antena se poate strânge acum. Antena se montează câteodată chiar pe circuitul oscilant ca în fig. 277. Prin strângerea cuplajului cu antena se măreşte bine înţeles puterea ce trece asupra ei.

Din aceste cauze — mărirea stabilităţii şi a randamentului — toate posturile moderne de emisiune sunt prevăzute cu oscilator-pilot, chiar şi cele mai mici (de aproximativ 1 watt) mai ales când lucrează pe unde scurte.

Cristalul de cvarţ

Se poate merge şi mai departe cu stabilizarea frecvenţei, întrebuinţând un oscilator mecano-electric format dintr'o bucată de cristal de cvarţ.

Cristalul de cvarţ este piezo-electric, adică se electrizează prin comprimare sau destindere, şi invers se comprimă sau se destinde, prin aplicarea unor sarcini electrice,

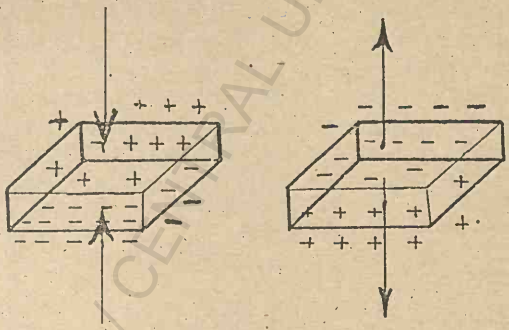


Fig. 278. — Cristalul de cvarţ

(fig. 278). Intr'adevăr comprimând o mică placă de cvarţ (tăiată dintr'un cristal într'o anumită direcţie cu axul acestuia) constatăm că o faţă se electrizează pozitiv şi cealaltă faţă negativ. Dacă acum dăm drumul cvarţului

el revine la forma de repaos şi în virtutea inerţiei trece de această formă şi se umflă puţin. In acest moment electrizarea se inversează, faţa care era negativă devine pozitivă şi vice-versa. Oscilaţiile continuă pe urmă în jurul poziţiei de repaus ca la orice alt corp, până se sting. Dar în deosebire de celelalte corpuri oscilaţiile cvarţului sunt însoţite precum am văzut de apariţia unor sarcini electrice.

Frecvenţa de oscilaţie a unui cristal de cvarţ este determinată ca la orice alt corp (diapazon, etc.) de caracteristicele sale mecanice: dimensiuni, coeficient de elasticitate, densitate. Aceste caracteristici sunt fixe. Ca atare şi oscilaţiile electrice cari însoţesc oscilaţiile mecanice ale cvarţului au o frecvenţă fixă şi sunt independente de constantele şi de fenomenele electrice ale circuitului în care e montat (variaţia tensiunilor de alimentare, etc.). Numai temperatura poate influenţa frecvenţa într'o mică măsură prin schimbarea ce o produce asupra cvarţului. Dar influenţa temperaturii se poate reduce aproape la zero prin tăierea cvarţului sub un anumit unghiu, faţă de axele cristalului. Iar dacă se întrebuinţează un termostat se elimină complet variaţiile produse de temperatură.

Frecvenţa proprie a plăcilor de cvarţ întrebuinţate în aparatele de radio depinde de grosime. Cu cât placa este mai subţire, cu atât oscilează pe frecvenţe mai ridicate. Formula care exprimă această relaţie este următoarea:

$$F = \frac{3 \times 10^3}{1{,}06\ G} \text{ Kilocicli}$$

în care G e grosimea plăcii în milimetri.

Fig. 279 reprezintă montarea unui cristal de cvarţ.

Circuitul oscilant de pe anodă trebue acordat pe o frecvenţă apropiată de aceea a cristalului.

Stabilirea frecvenţei variază cu lungimea de undă. Diferitele sisteme de stabilizare se pot rezuma şi clasifica astfel:

Oscilator-pilor, fără termostat.

Oscilator-pilot, cu termostat.

Oscilator-pilot, cu compensare mecanică de temperatură (Franklin-drive) fără termostat.

Oscilator-pilot, cu compensare mecanică de temperatură (Franklin-drive) cu termostat.

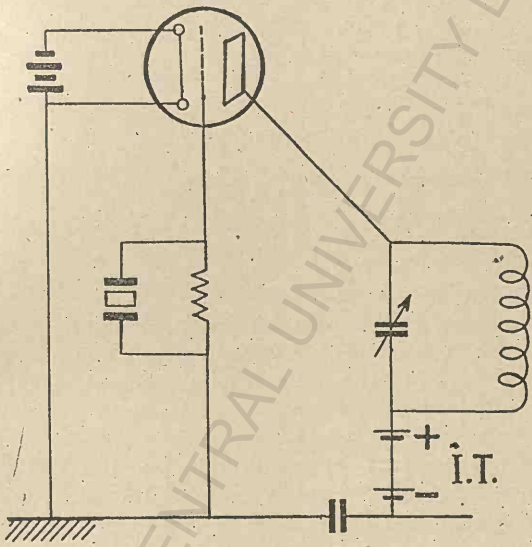


Fig. 279. — Montajul unui oscilator cu cvarț

Oscilator pilot, cu cvarț fără termostat.

Oscilator-pilot, cu cvarț cu termostat.

Pentru a da un exemplu numeric, postul nostru național dela Bod, de exemplu, nu prezintă variații mai mari de 2, 3 cicli pe lună. Frecvența sa este de 160.000 cicli și are un oscilator-pilot « Franklin-drive » montat într'un termostat.

Toleranțele care se admit la posturile de emisiune sunt următoarele:

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

	Categoria I	Categoria II
10— 550 Kc	0,1 —0,5 %	0,1 —0,3 %
550— 1.500 Kc	0,1 —0,5 %	0,02—0,1 %
1.500— 6.000 Kc	0,01—0,1 %	0,01—0,05%
6.000—30.000 Kc	0,05—0,01%	0,01—0,02%

Toleranțele admise pentru cele două categorii de stațiuni, variază după cum sunt fixe sau mobile, după mărimea lor, etc.

CAPITOLUL XXIV

MODULAȚIA

Modulația este procesul prin care se imprimă curenții telefonici pe oscilațiile de înaltă frecvență producând de obiceiu variația amplitudinii lor.

Definiția oficială este următoarea: modulația este procedeul care consistă în a face să varieze după o lege dată anumite caracteristice, (amplitudine, curent, fază, frecvență, etc.), ale unui curent ondulator de formă determinată, numit curent purtător.

Modulația a fost reprezentată în fig. 186 și 187.

Procesul modulației cere energie. Intr'adevăr, considerând de exemplu, un vârf de modulație de 100 la 100, constatăm că s'a dublat curentul și voltajul, așa încât în clipa în care avem vârful de modulație puterea s'a împătrit.

In mod practic însă, nu interesează vârful de modulație, ci puterea mijlocie absorbită, când avem o modulație de o anumită adâncime, să zicem de 100 la 100. Se poate demonstra că în acest caz puterea absorbită, este cu 50% mai mare decât puterea absorbită de unda purtătoare nemodulată. Aceasta corespunde cu o creștere a curentului de alimentare de $\sqrt{1,5} = 1,23$.

Heising a dat o formulă care exprimă adâncimea modulaţiei în raport cu creşterea curentului.

Dacă I_N = curentul undei purtătoare nemodulată.

» I_M = curentul undei purtătoare modulată şi M = profunzimea modulaţiei, avem

$$M = \sqrt{2\left(\left(\frac{I_M}{I_N}\right)^2 - 1\right)}$$

Există diferite sisteme de modulaţie:

1. Prin absorbţie.
2. Pe placă, prin variaţia tensiunii anodice: modulaţia prin curent constant etc., modulaţia în serie.
3. Modulaţia de sită.
4. Modulaţia prin defazare.

In sfârşit, montajele cu oscilator-pilot, mai pot fi modulate şi pe alte căi.

Modulaţia prin absorbţie (fig. 280)

Variaţia rezistenţei circuitului microfonic produce o absorbţie, mai mult sau mai puţin pronunţată, asupra circuitului oscilant şi implicit variază radiaţia. E de notat că acest circuit microfonic *nu* trebue alimentat.

De asemenea mai e de observat că modulaţia se face numai prin reducerea puterii radiate.

Montajul acesta se întrebuinţează rar, şi numai la posturile foarte mici.

Modulaţia de placă

Prin modulaţia de placă se produce o variaţie a tensiunii anodice. Considerentele generale dela începutul capitolului se referă la acest sistem de modulaţie, întrebuinţat întotdeauna la posturile mari.

BUCAREST UNIVERSITY LIBRARY

Vom considera cele două montaje tipice întrebuințate pentru modulația de placă:

Modulația în serie, și

Modulația prin curent constant (Heising).

Modulația în serie este reprezentată în fig. 281.

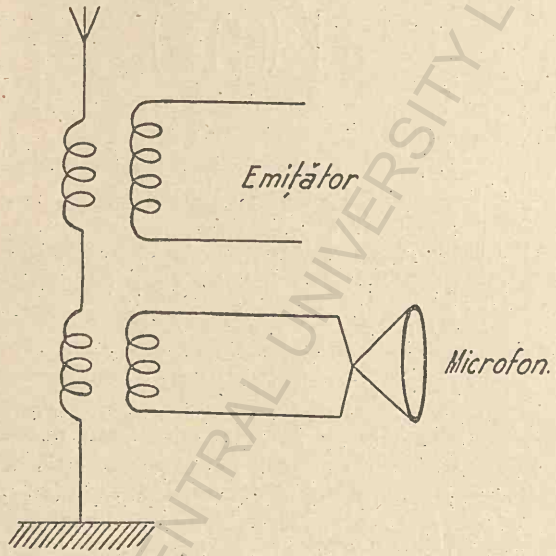


Fig. 280. — Modulația prin absorbție

Lampa modulatoare constitue o rezistență variabilă, montată în circuitul anodic al lămpii oscilatoare. Lampa *M* își schimbă rezistența interioară după modulația telefonică ce i se aplică de sită (de obiceiu după o amplificare prealabilă). Astfel variază voltajul disponibil la anoda oscilatoare.

Fig. 282 reprezintă modulația prin curent constant, Heising. Lampa modulatoare constitue ca și în cazul pre-

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cedent o rezistență variabilă, montată însă de rândul acesta în paralel cu oscilatoarea.

Pentru ca modulatoarea să poată influența oscilatoarea, alimentarea anodică a ambelor lămpi se face printr'o bobină de șoc. Aceasta este o bobină cu miez de fier și are

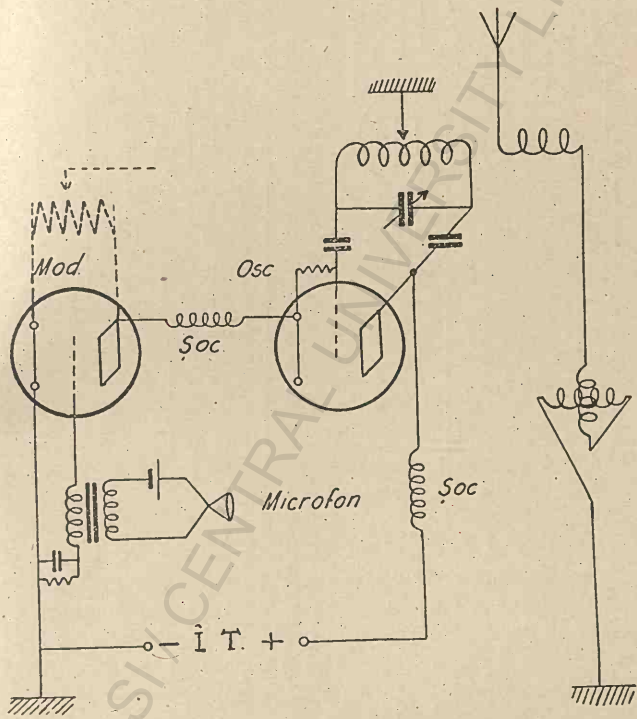


Fig. 281. — Modulația în serie

o inerție electrică atât de mare încât curentul ce trece prin ea nu poate urma fluctuațiile de frecvențe acustice.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Astfel stând lucrurile, curentul de alimentare anodică e constant şi egal cu suma curenţilor ce trec prin cele două lămpi. Prin urmare, când scade curentul în modulatoare trebue să crească în oscilatoare şi viceversa.

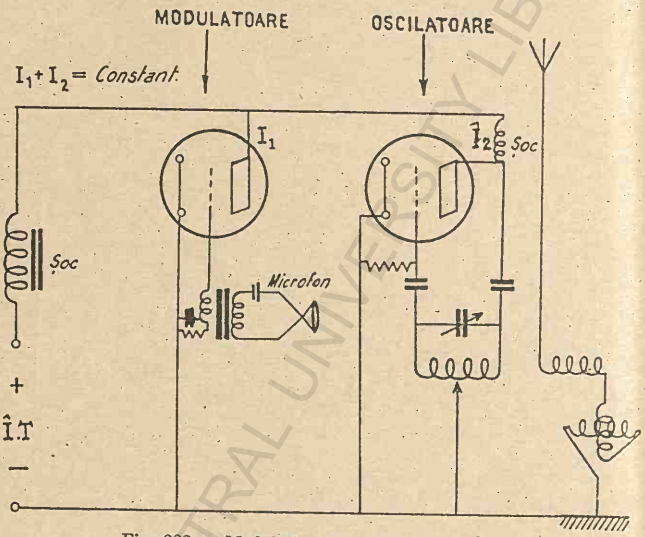


Fig. 282. — Modulaţia prin curent constant

Bine înţeles că aceste variaţii de curent sunt însoţite de corespunzătoarele variaţii de tensiuni aşa încât fenomenele sunt ceva mai complexe decât au fost arătate aci.

Modulaţia în serie e întrebuinţată la Radio-România (Bod Braşov) iar modulaţia prin curent constant e întrebuinţată la Radio-Bucureşti (Băneasa).

Modulaţia de sită (fig. 283)

Curentul microfonic face să varieze potenţialul sitei prin transformatorul de ridicare de tensiune. Acest transfor-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

mator are un raport mare, de aproximativ $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{50}$ și poate fi înlocuit la nevoie în posturile mici printr'un transformator obișnuit de sonerie (bine înțeles că în acest caz primarul devine secundar, și vice-versa).

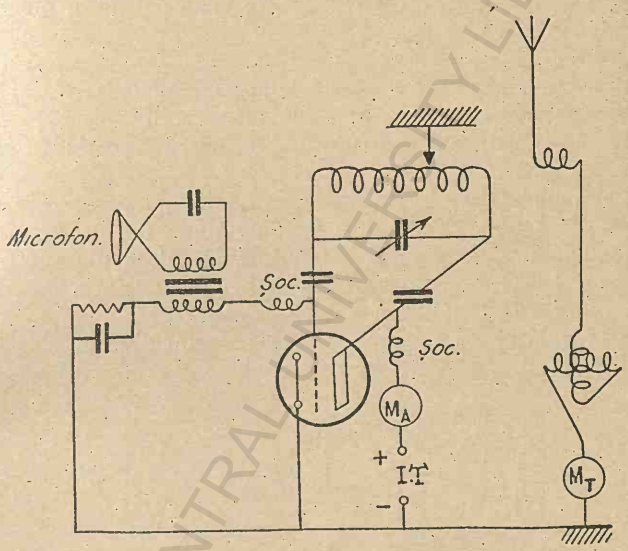


Fig. 283. — Modulația de sită

In cazul posturilor mai mari, modulația de sită se face printr'o lampă amplificatoare de joasă tensiune montată între microfon și sita lămpii oscilatoare.

Modulația pe sita lămpii auto-oscilatoare se întrebuințează la posturile mai mici. Oscilatoarea nu lucrează în condițiile optime, în schimb nu e nevoie să se amplifice curenții microfonici, și chiar dacă se amplifică pentru lămpile mari, se amplifică mult mai puțin ca pentru modulația de placă.

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Modulaţia prin defazare

A apărut după celelalte sisteme de modulaţie şi se datoreşte d-lui Chireix.

Sistemele de modulaţie întrebuinţate în mod curent, se împart după cum am văzut, în două categorii, modulaţia de placă şi de sită.

In modulaţia de placă, oscilatoarea funcţionează în plin randament dar se cere o lampă modulatoare tot atât de mare ca şi oscilatoarea, — cu toată amplificarea de joasă frecvenţă necesară pentru a o alimenta în condiţiuni convenabile.

In modulaţia de sită randamentul lămpii oscilatoare e redus. Astfel, când lampa produce unda purtătoare nemodulată, randamentul e redus la jumătate din randamentul ei optim. Avem în schimb, precum am văzut, o economie în amplificarea de joasă frecvenţă.

Modulaţia prin defazare este în principiu un sistem diferenţial (fig. 284). Antena e alimentată de diferenţa

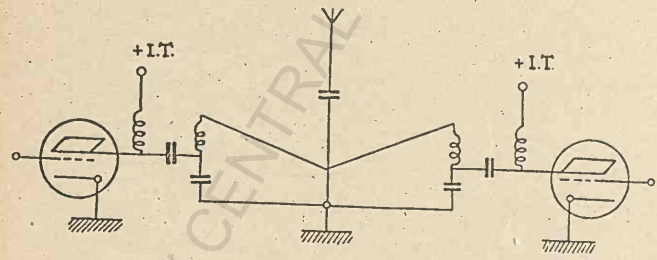


Fig. 284. — Modulaţia prin defazare

curenţilor din cele două lămpi a căror defazare relativă variază în timpul ciclului de modulaţie. Astfel lămpile pot fi alimentate tot timpul în condiţiuni de funcţionare optime, adică cu tensiunile anodice şi de sită la valori po-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

trivite şi constante. Modulaţia cere mult mai puţină energie decât în sistemele de modulaţie prin tensiune anodică. Acesta este principiul.

Modulaţia prin defazare prezintă interes fiindcă permite o importantă economie de curent în staţiunile mari.

CAPITOLUL XXV

MONTAJE DE EMISIUNE

Să considerăm mai întâi câteva montaje fără oscilator-pilot.

Hartley

Fig. 285 reprezintă montajul Hartley care este unul din cele mai întrebuinţate. Ca atare îl vom considera mai de aproape.

Circuitul oscilant este legat între sită şi anodă. Aşa dar reacţia se face şi inductiv (prin cele două porţiuni ale bobinei L, al căror raport se potriveşte prin deplasarea prizei) şi capacitiv prin C. Cuplajul capacitiv creşte pe măsură ce se măreşte lungimea de undă (prin mărirea lui C). Astfel, când schimbăm lungimea de undă, cuplajul se menţine în mod automat la o valoare aproximativ corectă.

Condensatorul C_1 îndeplineşte doar funcţiunea de a împiedeca scurt-circuitarea înaltei tensiuni, iar pentru înalta frecvenţă constitue o foarte bună legătură între circuitul oscilant şi anodă,

Pe de altă parte, bobina de joc S împiedecă scurt-circuitarea înaltei frecvenţe prin sursa de alimentare. Cu alte cuvinte, bobina de şoc, permite alimentarea plăcii dar izolează înalta frecvenţă.

Prin urmare alimentarea anodică se face în paralel cu circuitul oscilant, dar s'ar fi putut face şi în serie

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(fig. 286). In general, toate montajele de emisiune pot fi alimentate şi în serie şi paralel.

De notat că acordul antenei se face printr'un variometru *V*. Acordul antenei s'ar fi putut face şi prin condensator variabil, dar acesta ar fi redus energia radiată precum se poate vedea în cap. IX.

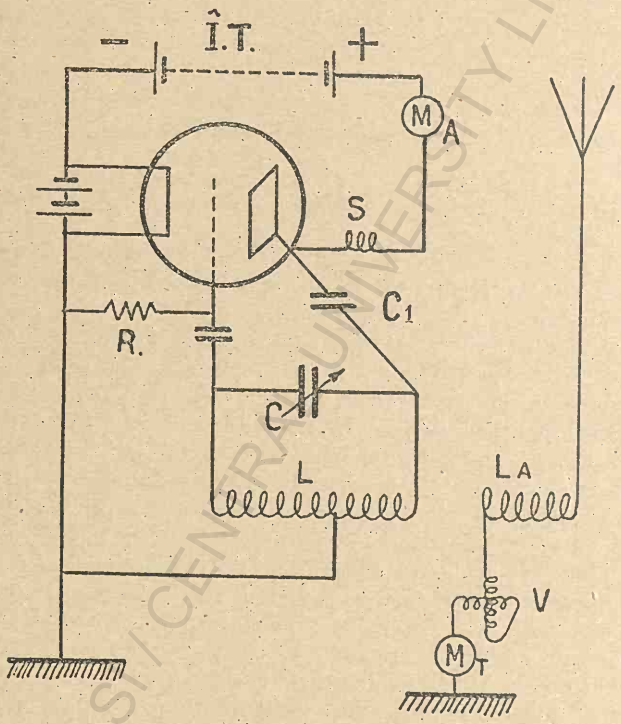


Fig. 285. — Hartley alimentat în paralel

Reglajul oscilatorului se reduce la determinarea prizei optime pe bobina *L* şi la găsirea negativării corecte, —

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

adică la determinarea rezistenței de scurgere *R*. Această rezistență de scurgere va avea o valoare mai mare pentru telefonie și o valoare mai mică pentru telegrafie. Manipularea telegrafică se face prin întreruperea circuitului de sită.

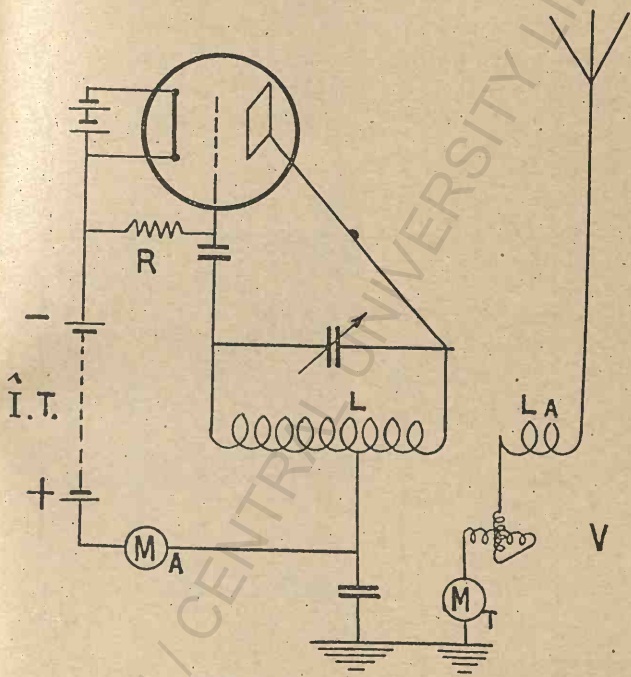


Fig. 286. — Hartley alimentat în serie

Sistemul antenă-pământ (inclusiv L_A și V) trebue astfel dimensionat ca să permită acordul. Cuplajul nu trebue să fie prea strâns, precum am văzut mai sus.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După ce se face acordul circuitului oscilant pe frecvenţa dorită se acordează antena. Când antena e acordată obţinem deviaţia maximă în miliampermetrul termic M_T. Odată cu acordul, creşte şi curentul de alimentare anodică care trece prin miliampermetrul de alimentare M_A.

Colpitts

In acest montaj (fig. 287) avem doi condensatori C_1 şi C_2, astfel montaţi încât pe măsură ce se măreşte unul din ei se micşorează celălalt, suma lor rămânând constantă.

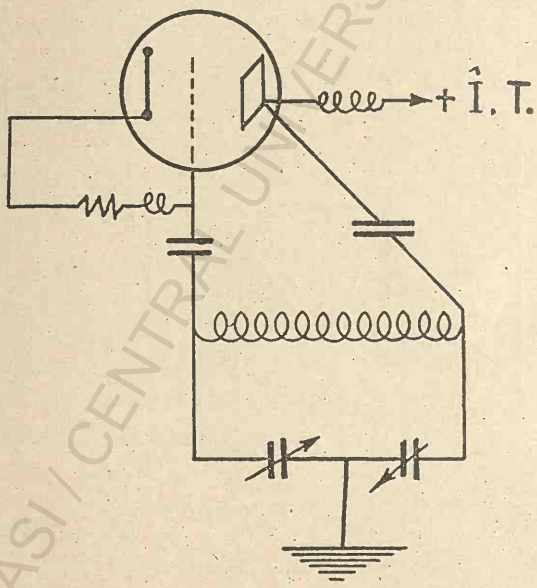


Fig. 287. — Colpitts

Putem spune aşa dar, că avem un condensator cu priză mobilă, ca priza mobilă dela Hartley.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cuplaj electronic

In fig. 288 avem o tetraodă pe care s'a montat un oscilator Hartley, între prima și a doua sită, transformată în anodă. Pe placă avem un circuit oscilant care e alimentat de Hartley pe cale electronică.

Acest dispozitiv se comportă aproape ca un montaj cu două lămpi, format din oscilator-pilot și lampa amplificatoare.

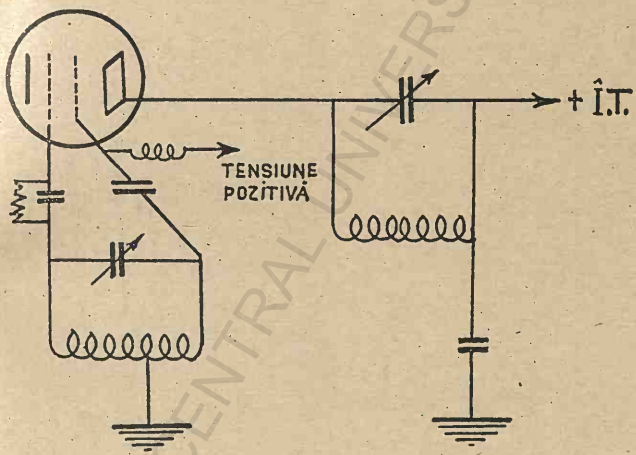


Fig. 288. — Cuplaj electronic

Push-Pull

Fig. 289 reprezintă un montaj de emisiune în push-pull. Admite nenumărate variante. Se întrebuințează în posturile mari și în posturile de unde scurte.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentodă cu cristal

Fig. 290 este de fapt o perfecționare a schemei din fig. 288.

In cazul de față se poate simți nevoia de a introduce un mic cuplaj capacitiv între prima sită și anodă. Necesitatea și mărimea acestui cuplaj (care este de obiceiu un simplu condensator de neutrodinare C_N) depinde de caracteristicele lămpilor și de sarcina din circuitul anodic.

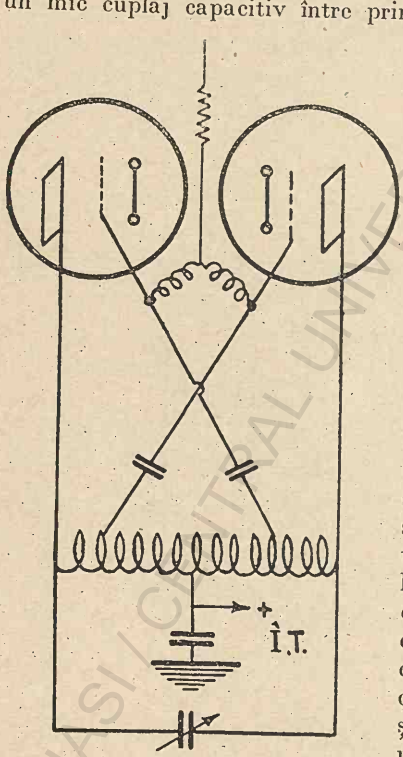


Fig. 289. — Push-pull

Montaje de unde ultra-scurte

Frecvențele de peste 300 megacicli pe secundă (unde mai scurte de 1 m) nu se pot obține cu montaje normale, și cu lămpi normale, întru cât pe de o parte cele mai mici capacități reziduale capătă o importanță covârșitoare și pe de altă parte timpul necesar pentru de plasarea electronilor dela filament la anodă, devine o cantitate apreciabilă față de durata unui ciclu și stinghereşte funcționarea.

BU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dăm mai jos două montaje întrebuințate pentru aceste unde din extrema limită a spectrului radio-electric.

Barkhausen-Kurtz

Inalta tensiune se aplică pe sită, care funcționează la o tensiune *pozitivă*, de circa 200 V (fig. 291). Placa este la potențialul catodei sau negativă față de catodă.

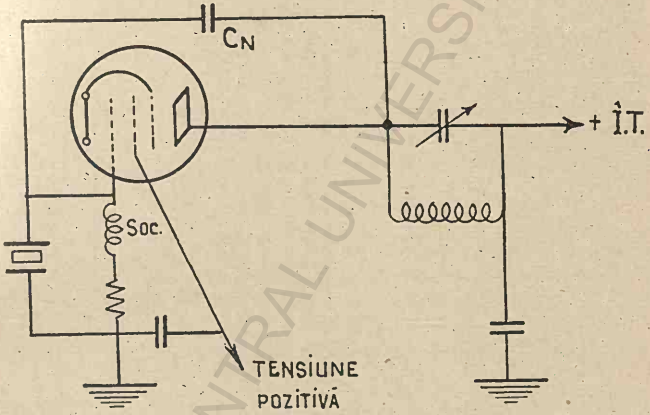


Fig. 290. — Pentodă cu cristal

Electronii emiși de filament sunt atrași de sită, o străbat în virtutea inerției și se îndreaptă spre placă. Placa fiind însă negativă, electronii nu ajung decât în apropierea ei, sunt respinși și se întorc spre sită.

Cam în felul acesta se explică producerea oscilațiilor care rezultă în mod neîndoelnic dintr'o oscilație electronică între sită și placă. Dar fenomenul nu este complet elucidat. S'a stabilit că frecvența depinde de dimensiu-

nile şi de poziţia electrozilor şi mai ales de tensiunile aplicate pe sită şi pe placă.

Cu montajul Barkhausen-Kurtz s'au putut obţine oscilaţii până la 10 waţi, iar lungimea de undă a putut fi coborîtă până la 6 cm. Randamentul este foarte mic, cam de 1% dar poate atinge şi 7%.

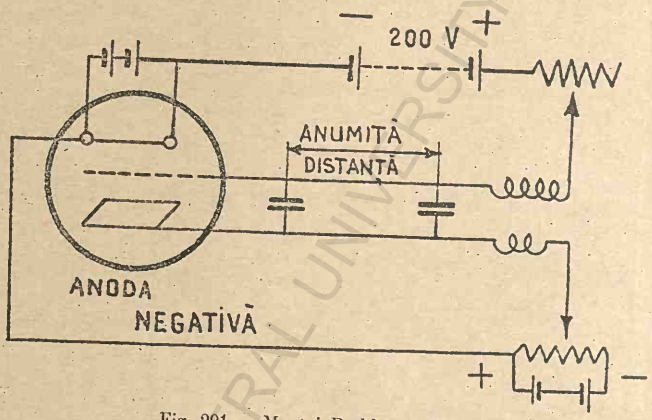


Fig. 291. — Montaj Barkhausen-Kurtz

Magnetronul.

Magnetronul descris în cap. XIV poate produce oscilaţii de foarte înaltă frecvenţă. Dar producerea oscilaţiilor nu se face cum s'ar putea crede, prin cuplajul electronmagnetului de circuitul anodic. In felul acesta nu se pot obţine decât oscilaţii foarte încete din cauza inerţiei electrice a bobinajului magnetic.

Producerea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă în magnetron este oarecum asemănătoare cu producerea oscilaţiilor în montajul Barkhausen-Kurtz, prin faptul că electronii oscilează între două elemente din lampă, anume între cele

două jumătăți de cilindru care formează anoda. Fig. 292 reprezintă acest montaj. Oscilațiile apar de îndată ce câmpul magnetic depășește puțin valoarea critică, (valoarea critică e cea care întrerupe curentul filament-anodă). Pentru producerea oscilațiilor mai e nevoe ca liniile fluxului megnetic să facă un unghiu de 3—10° cu axul lămpii.

Cu magnetronul s'au obținut oscilații întreținute de cea mai înaltă frecvență din câte s'au putut produce până în prezent, anume de 27.000 megacicli, adică o lungime de undă de 1,1 cm.

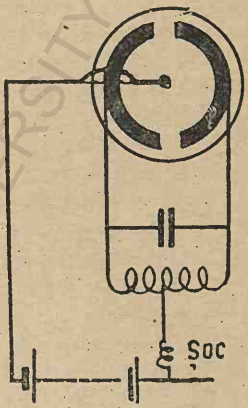


Fig. 292. — Magnetronul

—

Montajele de emisiune considerate aci se completează aproape întotdeauna cu etaje de amplificare de putere de tip *B* sau *C*.

Am văzut la amplificatorii tip *A* că determinarea sarcinei optime și a punctului de funcționare sunt probleme destul de complexe. Pentru amplificatorii de tip *B*, se procedează cam la fel, cu deosebirea că lucrurile se mai complică prin apariția curentului de sită și prin variația intensității mijlocii a curentului anodic.

Amplificatorii tip *C* constituc un caz și mai complex în studiul căruia apar 15 variabile [1]). Ca atare socotim că nu este cazul de a desvolta aci metodele de calculare a acestor amplificatori. Ne vom mărgini să arătăm montarea lor în posturile noastre de radiodifuziune.

[1]) D-l Prof. Ing. T. Tănăsescu a preconizat interesante metode grafice pentru calcularea amplificatorilor de putere tip *C*, — Teză de Doctorat, Școala Politechnică din București, 1940.

CAPITOLUL XXVI

POSTURILE NOASTRE DE RADIODIFUZIUNE

Cadrul restrâns al lucrării de față nu îngădue descrieri amănunțite a diferitelor tipuri de posturi de emisiune. Scheme pentru posturile mici de amatori se găsesc în alte cărți precum și mai ales în revistele de radio. Cetitorul care s'a familiarizat cu noțiunile fundamentale expuse în lucrarea de față va putea urmări schemele în deplină înțelegere.

Socotim însă necesar să dăm o descriere sumară a posturilor de radiodifuziune întru cât nu s'au publicat până în prezent și constitue obiectul de legitimă curiozitate a auditorilor radiofoniști.

Societatea de radiodifuziune posedă următoarele posturi de emisiune:

Radio-București de 12 Kw, Băncasa-Otopeni, 1929.
Radio-România de 150 Kw, Bod-Brașov, 1935.
Postul pe unde scurte de 4 Kw, București 1941 și
Radio Moldova de 5 Kw pe 259 m, Iași 1941.

Programele au loc la sediul societății, Str. General Berthelot 60, București, unde sunt amenajate 3 studiouri și 2 cabine pentru conferențiari. Intr'un viitor apropiat sediul societății și studiourile se vor muta în Casa Radiodifuziunii care urmează să se construiască pe Bulevard Mareșal Prezan, lângă Arcul de Triumf.

Studiourile sunt legate de posturile de emisiune prin cabluri subterane.

Cablurile care leagă studiourile de posturile de emisiune au mai multe circuite care servesc atât pentru transmisia programelor cât și pentru legătura telefonică directă și permanentă. Cablurile sunt construite cu cea mai mare îngrijire ca să nu producă niciun fel de deformare.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Radio-București

Postul de emisiune este alimentat în întregime dela rețeaua de curent trifazic a orașului (consumă 75—80 Kw) și se compune din două părți, reprezentate schematic în figurile 293 și 294.

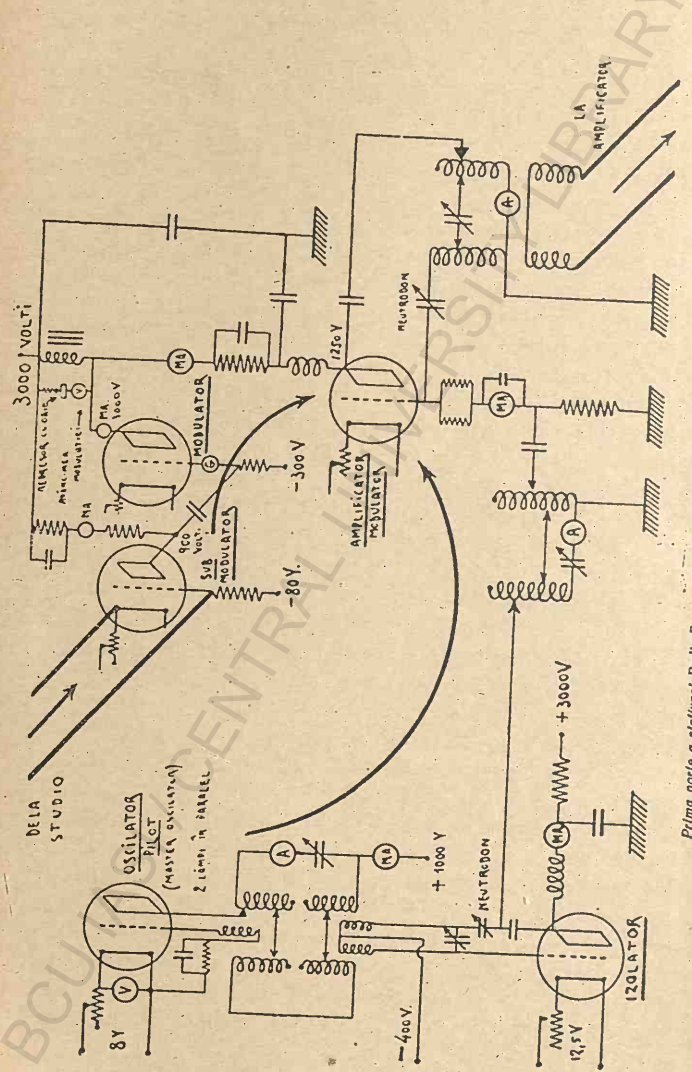
Să considerăm întâi prima parte.

Curenții microfonici care ajung la postul de emisiune sunt amplificați din nou de o primă lampă « sub-modulatoare » și pe urmă de o a doua lampă « modulatoare ». Această lampă modulează oscilațiile de înaltă frecvență ale unei alte lămpi denumită « amplificator-modulator ». Modulația se face prin curent constant, sistem Heising.

Trebue observat însă că această ultimă lampă nu produce chiar ea oscilațiile. Oscilațiile sunt produse de un oscilator-pilot. Și pentru a evita orice influență exterioară asupra acestui oscilator el se izolează prin neutrodinare și printr'o lampă intermediară denumită « izolator ». Dar nu numai atât, oscilatorul și izolatorul sunt închiși într'o cutie blindată pentru a fi feriți de câmpuri exterioare și de variații de temperatură, temperatura cutiei fiind menținută constantă printr'un termostat. Și în sfârșit alimentarea acestui grup se face cu o sursă separată de curent, pentru a evita fluctuațiile care se produc pe rețea.

Prima parte a emițătorului considerată până acum are numai lămpi mici, răcite cu aer și alimentate dela acumulatori și generatori.

A doua parte a postului de emisiune (fig. 211) este un simplu amplificator cu două etaje, primul etaj cu o lampă în clasa *A*, iar al doilea cu trei lămpi montate în paralel tot în clasa *A*. Amplificatorul acesta primește oscilațiile modulate dela lampa amplificatoare modulatoare, și după amplificare le trece asupra antenei. Toate lămpile sunt mari, răcite cu apă, și alimentate cu înaltă tensiune dela rețea, prin transformatori, redresorii electronici și filtre



Prima parte a stațiunei Radio-București. In care se produce oscilația de înaltă frecvență modulată.

Fig. 293. — Radio-București etajele de mică putere

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

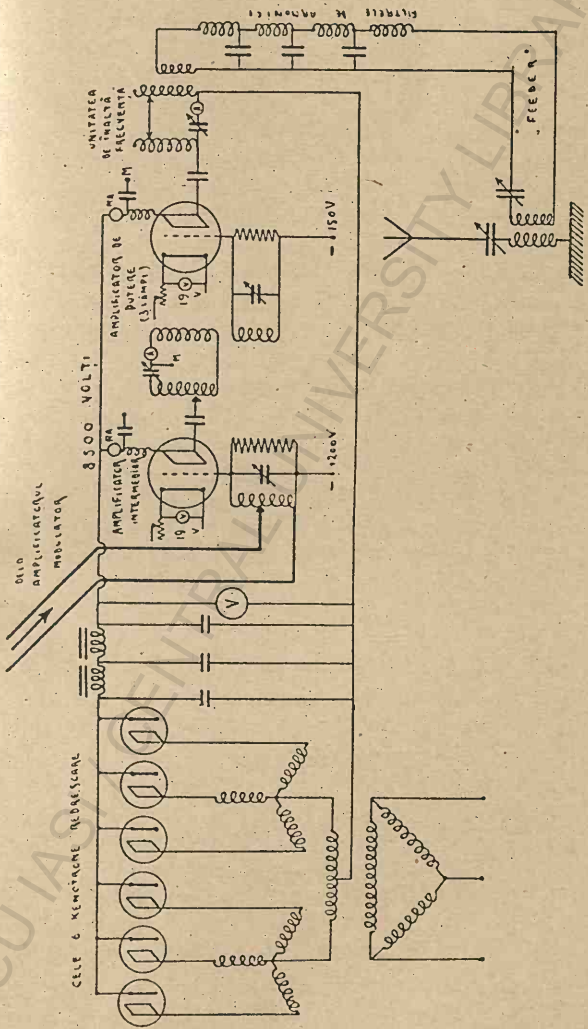


Fig. 294. — Radio-București etajele de mare putere

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

de netezire. Diodele au cam acelaşi aspect şi cam aceleaşi dimensiuni cu triodele din acest etaj, fiind răcite tot cu apă.

De notat că lămpile amplificatorului intermediar şi de putere au circuitele de sită puternic amortizate ca să nu elimine bandele laterale provenite din modulaţie şi ca să stabileze lămpile fără neutrodinarea capacităţilor lor.

După ce oscilaţiile modulate au fost amplificate în cele două etaje, trec în aşa zisa unitate de înaltă frecvenţă prin filtrul de armonici şi prin « feeder » la antenă. Filtrul de armonici serveşte la eliminarea armonicelor 2 şi 3, care apar în mod inevitabil, oricâte precauţiuni s'ar lua.

Feeder-ul e format din două fire paralele şi o bobină de cuplaj şi serveşte pentru a stabili legătura între postul de emisiune şi antenă care e situată cam la 100 m.

Antena e verticală (*nu* în « *T* ») şi are o înălţime de circa 90 m, pentru a vibra în sfert de lungime de undă. Priza de pământ e formată dintr'o reţea de sârme dispuse radial în jurul antenei şi întinse la câţiva decimetri dela suprafaţa pământului, având capetele legate de un întreg sistem de plăci metalice îngropate în pământ.

Radio-România

E unul din cele mai mari posturi de radiodifuziune din Europa. S'a ales o undă lungă (1875 m = 160.000 Kc) pentru a reduce absorbţia produsă de munţi şi de păduri. Acest post deserveşte în undă directă aproape tot cuprinsul ţării, afară de regiunea Timişoarei. In direcţia Timişoarei propagarea se face numai de-a-lungul munţilor şi de aceea semnalele sunt foarte atenuate.

In deosebire de celelalte posturi de radiodifuziune, postul dela Bod nu este alimentat dela reţea şi are o uzină proprie. Un grup de trei motoare Diesel, de câte 450 Kw din cari unul de rezervă produc energia electrică necesară, care e dată în formă de curent trifazat.

Curentul acesta este transformat, redresat prin triode cu vapori de mercur şi filtrat pentru a produce alimentarea de înaltă tensiune la 20.000 volţi.

Schema de principiu a postului de emisiune e dată în fig. 295.

Avem întâi oscilatorul-pilot care nu figurează în schemă. Acesta constă dintr'o lampă de recepţie care oscilează pe un « Franklin drive », tot sistemul fiind montat într'un termostat. După amplificare, oscilaţia alimentează lampa cu sită ecran care se vede în partea stângă a schemei. Această lampă izolează oscilatorul-pilot şi amplifică semnalul primit pe care îl trece asupra lămpilor « CAT 9 ». Aceste lămpi îndeplinesc dubla funcţiune de a amplifica înalta frecvenţă şi de a o modula.

Inainte de a modula oscilaţiile din lămpile « CAT 9 », semnalele de joasă frecvenţă sunt amplificate atât înainte de a fi trimise pe linie cât şi la sosire, iar după aceea se amplifică din nou în post, cu lampa « sub-submodulatoare », « submodulatoare » şi cu cele trei lămpi « CAM 3 ».

Lămpile « CAM 3 » amplifică semnalul de joasă frecvenţă dar totodată servesc şi la modulaţie, plăcile lor fiind legate direct de filamentele lămpilor « CAT 9 ». Avem aşa dar o modulaţie în serie (vezi cap. XXIV). Ca atare filamentele lămpilor « CAM 3 » se află la potenţialul plăcilor « CAM 3 », sunt prin urmare la înaltă tensiune. Din această cauză filamentele lor sunt alimentate cu maşini izolate faţă de pământ.

Semnalul de înaltă frecvenţă modulat în lămpile «CAT 9» e amplificat în etajul final. Acesta constă din 6 lămpi «CAT 12» montate în push-pull având câte 3 lămpi în fiecare ramură a push-pull-ului şi constituie un amplificator clasa *B*.

De aci semnalul trece printr'un circuit acordat la feeder. Dar înainte de a trece la feeder se elimină armonicele cu ajutorul filtrelor.

Feeder-ul este cuplat de antenă prin montajul arătat în fig. 296.

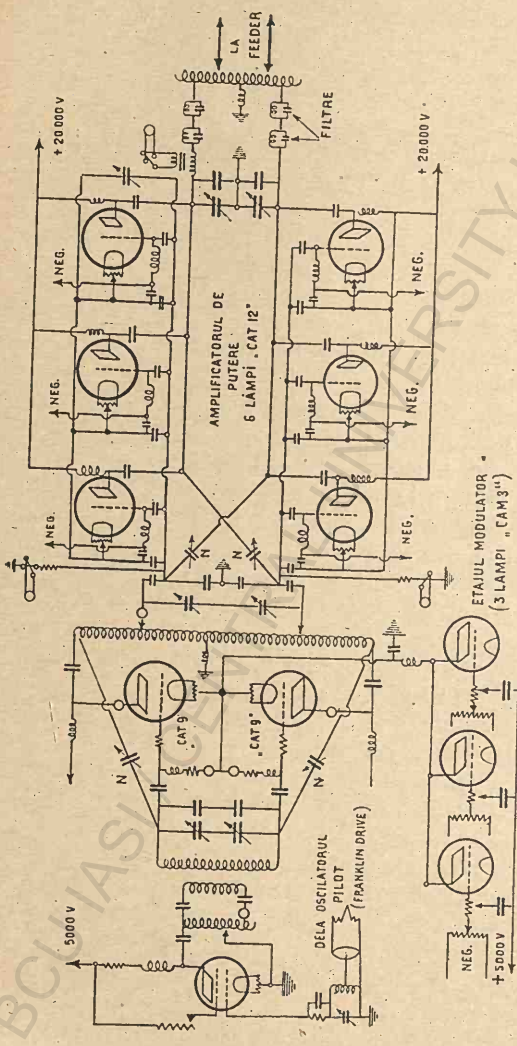


Fig. 295. — Radio-România, postul de emisiune

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

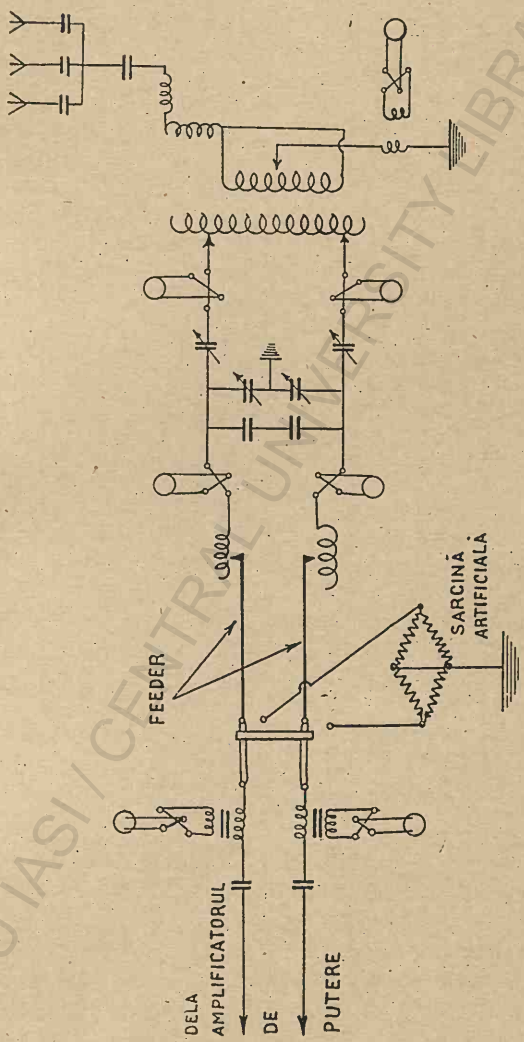


Fig. 296. — Radio-România, feeder-ul și antena

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Antena constă din trei fire în « *T* » legate la capete și susținute de doi piloni înalți de 250 m, — cele mai înalte construcții din România.

Antena are o particularitate interesantă, e prevăzută cu un sistem de încălzire pentru a topi ghiața care se depune iarna. Prin greutatea ei, ghiața ar putea rupe antena. Incălzirea se face cu un curent de joasă frecvență care își închide circuitul prin capetele întreitului « *T* », capete care sunt legate între ele precum am văzut mai sus. Curentul de încălzire e trimes în antenă printr'un sistem de inductanțe și condensatori cari izolează înalta frecvență, așa încât încălzirea antenei se poate face chiar în timpul emisiunii asupra căreia nu are nicio influență.

Postul pe undă scurtă (fig. 297 și 298)

Al treilea post al Societății Române de Radiodifuziune a fost construit de d-l Dr. Ing. E. Petrașcu, Directorul technic, în colaborare cu inginerii Societății.

Realizat întâi ca post de 100 wați la Institutul Electrotechnic din București, a fost mutat la Băneasa, completat și în urmă mărit la 300 wați alimentare anodică. După aceea a fost înlocuit cu postul de 2 Kw calculat și construit în întregime de Societatea Română de Radiodifuziune.

In urmă acest post a fost mărit la 4 Kw. antenă și instalat în București.

Schema postului poate fi urmărită în figurile 297 și 298.

Avem:

Inalta frecvență

Inalta frecvență e formată din următoarele 5 etaje:

Oscilatorul-pilot care utilizează un cristal de cvarț cu frecvența de 4617 Kc (65 m) montat între sită și anodă,

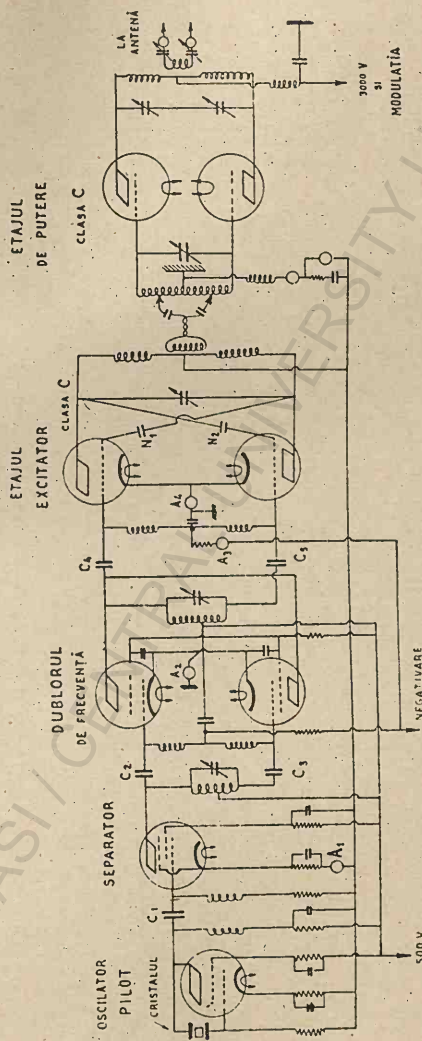


Fig. 297.— Postul pe undă scurtă, înalta frecvenţă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

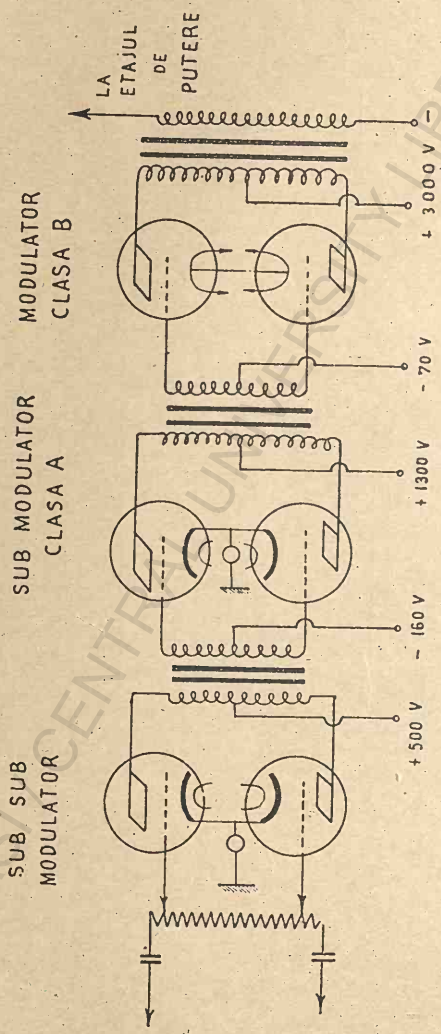


Fig. 298. — Postul pe undă scurtă, amplificarea de joasă frecvenţă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

fără circuit acordat. Oscilația produsă astfel e trecută prin condensatorul C_1 la separator.

Separatorul e o pentodă prevăzută cu un circuit oscilant acordat tot pe 4617 Kc (65 m) care se reglează cu ampermetrul A_1. Circuitul oscilant e legat prin condensatorii C_2 și C_3 de sitele etajului care dublează frecvența.

Dublorul acesta este obișnuitul montaj cu două lămpi, având sitele montate în opoziție și anodele legate împreună, direct. Oscilațiile sunt transmise prin condensatorii C_4 și C_5 la

Etajul excitator e un amplificator clasa C de 400 wați. Circuitul oscilant e neutrodinat cu ajutorul condensatorilor N_1 și N_2. De aci oscilațiile trec la amplificatorul de putere printr'o linie de transmisie formată din două fire răsucite.

Amplificatorul de putere în clasa C de 4 Kw e așezat la oarecare distanță de etajele precedente pentru a evita cuplaje parazite. Și acest amplificator e neutrodinat. Alimentarea se face la 3000 de volți și pe această tensiune se suprapune modulația dela amplificatorul de joasă frecvență.

Acest amplificator de putere modulat, alimentează antena prin feeder-ul acordat, format din două fire de

$\frac{\lambda}{2} = 16{,}2$ m. Antena e un dipol orizontal.

Amplificatorii de joasă frecvență.

Curenții microfonici amplificați în studio ajung la etajele de joasă frecvență din fig. 298. Avem:

Etajul sub-submodulator, montat în push-pull ca amplificator clasa A.

Etajul submodulator, tot în push-pull clasa A.

Etajul modulator, în push-pull clasa *B*, alimentează ultimul etaj de amplificare în înaltă frecvenţă, precum am văzut mai sus.

Alimentarea.

Toată alimentarea se face dela sector.

Se întrebuinţează lămpi redresoare obişnuite pentru primele etaje, şi lămpi redresoare cu vapori de mercur pentru etajul de putere şi pentru modulator.

Negativările se obţin cu celule de seleniu.

Punerea în funcţiune se face prin diferite butoane şi automate prin care se elimină greşelile de manevrare.

Consumaţia totală dela sector variază după gradul de modulaţie (fiindcă amplificatorii de putere lucrează în clasa *B* şi *C*). Cu o modulaţie de 50% consumaţia e de 6,9 Kw şi cu o modulaţie de 80% de 8,3 Kw. Aceste valori corespund respectiv cu un randament global de 22,25% şi 21,9% (în raport cu puterea din antenă).

Postul acesta e de o construcţie foarte compactă, având aproximativ dimensiunile unui dulap. Mai mult decât atât, postul se poate demonta foarte repede, căci diferitele etaje se pot scoate fără a desface vr'o legătură, întru cât sunt alimentate prin contacte-baionetă. Astfel postul este semi-mobil.

CÂMPURILE PRODUSE DE POSTURILE NOASTRE DE RADIODIFUZIUNE

Publicul se plânge în general că nu poate auzi bine acest post pe unde scurte. Dar postul a fost construit mai mult pentru străinătate. Pentru deservirea ţărei avem doar posturile celelalte, Radio Bucureşti şi Radio România.

Postul pe undă scurtă, ca orice emisiune pe undă scurtă are o zonă de umbră (vezi cap. X) care acoperă aproape

toată țara. Dar la granițe și mai ales dincolo de granițe postul se aude bine.

Fig. 299 arată în linii pline limitele serviciului de zi (unde directe).

Fig. 299. — Câmpurile produse de posturile noastre de radiodifuziune

Pentru Radio-București avem curba de 1 MV/m, iar pentru Radio-România care e pe undă lungă, curba de 5 MV/m.

Serviciul de noapte fără fading e indicat de liniile punctate de 16 și 2 MV/m. Bătaia de noapte cu fading trece mult de limitele serviciului de zi, postul Radio-București mai ales putând fi bine auzit în străinătate.

DESVOLTAREA RADIODIFUZIUNEI ROMÂNEȘTI

Directorul general al Societății Române de Radiodifuziune, d-l Avocat Vasile Ionescu a formulat astfel proiectele de viitor:

1. Construirea unui post de 120 Kw. putere, pe unde medii, care să înlocuiască actualul emițător « Radio-București » de 12 Kw., care a rămas total insuficient în ceea ce privește caracteristicele lui tehnice.

2. Un post regional de 60 Kw. putere, pe unde medii, instalat la Iași, pentru a acoperi pierderea Postului Chișinău, ce a fost distrus de bolșevici în retragerea lor în fața înaintării victorioase a armatelor noastre și din care cauză, ținuturile Moldovei, Bucovinei, Basarabiei și Transnistriei, au rămas nedeservite de emisiunile naționale.

3. Un post regional de 25 Kw. putere, instalat la Timișoara, pentru a deservi zonele surde ecranate de munții Carpați, zone ce astăzi sunt accesibile — după cum am arătat — propagandei radiofonice străine intereselor noastre.

4. O stațiune de mare putere pe unde scurte, în locul actualului post de 4 Kw. a cărui performanță, care dacă a umplut un gol în propaganda peste hotare, nu reprezintă totuși cerința optimă în difuzarea materialului nostru de informații și propagandă.

5. Casa Radiofonici, înzestrată cu cele mai moderne și mai perfecționate utilaje tehnice, cuprinzând 18 studiouri pentru difuzarea programelor de muzică populară, soliști, muzică de cameră, concerte simfonice, teatru, operete etc., precum și un mare studio pentru emisiunile de audiție cu public ».

In momentul de față (Octomvrie 1941), Societatea Română de Radiodifuziune are numai 270.000 de abonați plătitori, ceea ce e foarte puțin. Aceasta reprezintă un procent de numai 1,5 aparate de recepție la suta de locuitori.

Cu toate că realizarea programului de mai sus pare imposibilă cu un număr atât de mic de abonați, totuși d-l avocat Vasile Ionescu a găsit soluții și a pășit pe calea înfăptuirilor imediate.

CAPITOLUL XXVII

INCHEIERE

Cetitorul care a parcurs aceste pagini și-a făcut o idee de elementele radiotehnicei.

In lucrarea de față nu s'a urmărit mai mult, întru cât aprofundarea diferitelor probleme implică complexe desvoltări matematice și mai cere o bază experimentală, care este tot atât de indispensabilă.

Radiotehnica a luat o desvoltare așa de mare încât astăzi nici chiar specialiștii nu pot cunoaște decât anumite ramuri, cum ar fi de pildă: lămpile, radio-difuziunea, aparatele militare, etc. Iar la construcția unui singur post de emisiune sau de recepție, colaborează întotdeauna mai mulți specialiști cari construesc numai elementele și circuitele pe care le cunosc mai bine.

Pentru a nu depăși cadrul lucrării de față s'au omis aplicațiile radio-electricității. Acestea sunt: televeziunea, telemecanica, orientarea prin radio, înregistrări sonore și megafoane, aplicații medicale și telefonia transoceanică, pentru a cita numai pe cele mai importante.

Televiziunea sau vederea la distanță este astăzi realizată. Se pot transmite și recepționa în foarte bune condițiuni adevărate spectacole de cinematograf, care se recepționează ușor la domiciliu.

Telemecanica se ocupă de deplasarea obiectelor la distanță prin radio, de conducerea aeroplanelor și năvilor fără piloți, prin undele radio-electrice.

Orientarea prin radio a ajuns astăzi o întreagă știință. Dela simplele radio-goniometre care serveau la determinarea poziției năvilor pierdute în ceață s'a ajuns astăzi la trasarea unor adevărate drumuri radio-electrice pe care se călătorește în deplină siguranță. Dar nu numai atât, când un aeroplan ajunge la destinație poate ateriza în condițiuni perfecte chiar pe ceața cea mai deasă. Toate aerodroamele mari sunt prevăzute astăzi cu aparate de aterizare fără vizibilitate, de care se face uz în mod curent.

Mai mult chiar, în ultimul timp s'au construit altimetre absolute și s'au conceput vitezometre absolute. Adică aparate care indică aviatorului înălțimea exactă deasupra terenului peste care sboară (în deosebire de altimetrele obișnuite care indică înălțimea deasupra mării), și vitezometre care indică viteza față de pământ *nu* față de aerul înconjurător care este de obiceiu în mișcare. Bine înțeles că vitezometrul și altimetrul absolut lucrează pe orice vreme, pe ceață, și pe întuneric, etc.

Radioelectricitatea a ajuns astfel indispensabilă navigației maritime și mai ales navigației aeriene, la siguranța căreia a contribuit într'o foarte mare măsură.

Inregistrările sonore se fac astăzi numai pe cale electrică prin lămpi de radio, iar toate reproducerile bune se fac în același fel cu obișnuita doză sau pick-up. Sonorizarea filmelor e bazată tot pe tehnica radioelectrică.

Megafoanele electrice întrebuințate pe o scară atât de întinsă la toate reuniunile în aer liber, manifestații sportive, etc. constitue de asemenea o importantă aplicație a metodelor radioelectrice.

Medicina întrebuințează tot mai mult tratamentul cu unde radioelectrice scurte, precum și bisturiul electric care taie fără a produce pierderi de sânge.

Telefonia transoceanică nu este posibilă prin cable. Mulțumită însă radioelectricității vocea omenească poate străbate astăzi oceanele. Tot metodele radio-electrice au

dat și amplificatorii necesari pentru convorbiri telefonice la distanțele foarte mari pe uscat, așa încât se poate vorbi la telefon cu orice țară din lume.

Această cucerire tehnică este fără îndoială de foarte mare importanță socială și politică.

—

Ajunși la sfârșitul acestei cărți, ne întrebăm în mod firesc ce ne va aduce viitorul.

Numărul aparatelor de recepție din lumea întreagă se apropie de o sută de milioane (1941) iar numărul auditorilor se evaluează la patru sute de milioane. Populația globului fiind de aproximativ 2.000.000.000 înseamnă că din 5 oameni, unul ascultă la radio.

Fără îndoială că numărul aparatelor va continua să crească și că ele se vor mai îmbunătăți.

Astăzi când sensibilitatea, selectivitatea și fidelitatea nu mai lasă aproape nimic de dorit se pune întrebarea ce mai rămâne de făcut. Răspunsul pare a fi eliminarea paraziților.

Pe lângă înmulțirea și perfecționarea aparatelor de recepție, — mai ales în ceea ce privește eliminarea paraziților și a sgomotului de fond, — viitorul va mai aduce de sigur și aplicații noui ale radioelectricității.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

A N E X Ă

DICȚIONARE RADIOTEHNICE

Aceste mici dicționare cuprind numai termenii care diferă câtva de termenii românești.

ENGLEZ-ROMÂN

« A » battery	= baterie de joasă tensiune
« A » supply	= alimentare de joasă tensiune
A. C. (alternating current)	= curent alternativ
Accuracy	= preciziune
Aerial	= aerial (antenă sau cadru)
Aerial array	= rețea de antene
Ammeter	= ampermetru
Ampere-turns	= amperi-ture
Antenna	= antenă
Atmospherics	= paraziți atmosferici
Attenuation	= atenuare
Audio frequency	= joasă frecvență
Audio transformer	= transformator de joasă frecvență
A.V.C. (automatic volume control)	= reglaj automat de volum
Average value	= valoare mijlocie
« B » battery	= baterie de înaltă tensiune
Band pass filter	= filtru de bandă
Baretta	= lămpi stabilizatoare de curent
Battery	= baterie
Beacon	= far
Beam	= fascicol
Beat frequency	= frecvență de heterodinare
Bias	= negativare
Blind landing	= aterizare fără vizibilitate
Bridge	= punte

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Broadcasting = radiodifuziune
Buffer stage = etaj separator
« C » battery = baterie pentru negativarea sitei
Capacity = capacitate
Carrier wave = undă purtătoare
Cathode-rays = raze catodice
Choke = bobină de șoc
Coil = bobină
Control = reglaj
Copper = cupru
Core = miez de fier
Counterpoise = contra greutate
Coupled = cuplat
Cross-modulation = modulație încrucișată
Crystal = cristal, în înțeles de galenă sau cvarț
Damping = amortizare
Db. (decibel) = decibel
Device = dispozitiv
Detection = detecție
Direction finder = radiogoniometru
Distortion = deformare
Dummy aerial = antenă fictivă
E.M.F. (electromotive force) = forță electromotrice
Ear = ureche
Eddy currents = curenți Foucauld
Enamel = email
Feed = alimentare
Feed-back = reacție
Field = câmp
Frame aerial = cadru
Frequency = frecvență
Full wave rectification = redresarea ambelor alternanțe
Gage = calibru
Glow = incandescență
Glow rectifier = redresor cu incandescență
Grill = sită sau grilă
Ground = pământ
High frequency = înaltă frecvență
Honeycomb coil = bobină în fagure
Hum = sbârnâitul sectorului (sau un sgomot asemănător)
Ignition interference = paraziții sistemului de aprindere a unui motor
Impedance matching = echilibrarea impedanțelor
Insulation = izolare electrică

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Isolation = izolare
Interference = brujaj, paraziți
Key = manipulator
Keying = manipulare
Light = lumină
Lightning arrester = paratrăznet
Line of force = linie de forță
Loop antenna (loop aerial) = cadru
Loud-speaker = difuzor
Loose coupling = cuplaj larg
Measurement = măsurătoare
Motor boating = pârâit continuu
Mains = priză, rețea
Moving coil = bobină mobilă
Network = rețea
Noise = sgomot
Obvious = evident
Outputmeter = aparat de măsurat debitul (de ex. miliwatmetru)
Paper = hârtie
Peak = vârf
Phase = fază
Power = putere
Power supply = alimentare
Range = bătaie (rază de acțiune)
Receiver = receptor
Record = înregistrare
Rectification = redresare
Regeneration = reacție
R.M.S. (root mean square) = valoare eficace
Scanning = explorarea imaginii (în televiziune)
Screen = ecran
Side-band = bande laterale
Skin effect = efect de piele (de suprafață)
Skip distance = zonă de tăcere (de umbră)
Sound = sunet
Space charge = sarcină spațială
Speech amplifier = amplificator de vorbire
Static = parazit atmosferic
Talkies = cinematograf sonor
Tank circuit = circuit oscilant închis
Tapping = priză
Threshold = limită, prag
Time = timp
Tube = lampă de radio (termen american)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tuning = acord
Vacuum = vid
Vacuum tub = lampă electronică
Valve = lampă de radio (termen englez)
Wire = sârmă

FRANCEZ-ROMÂN

Abaisseur = coborîtor (de tensiune)
Accrochage = amorsare
Aerien = aerian (antenă sau cadru)
Aimant = magnet
Atmosphériques = paraziți atmosferici
Audiofréquence = joasă frecvență
Battement = bătăi
Boîte = cutie
Bouchon = dop (circuit de blocare)
Bout-mort = capăt de bobină, de legătură neutilizat
Broch = piciorus (de lampă, etc.)
Bruit = sgomot
Champ = câmp
Changeur de fréquence = schimbător de frecvență (superheterodină)
Charge = sarcină
Chauffage = încălzire
Clacage = străpungere (a unui izolator)
Cloisonné = despărțit prin pereți subțiri (bobinaj segmentat)
Crachements = pârâituri
Court-circuit = scurt-circuit
Echauffement = încălzire
Effet = efect
Etouffeur = eliminator
Fusible = fuzibil (siguranță)
Gain = câștig, amplificare
Grave (son grave) = sunet grav
Grille = sită
Haut-parleur = difuzor
Infradyne = superheterodină a cărei medie frecvență e $f_1 + f_2$
Liaison = legătură
Moyenne fréquence = media frecvență
Netteté = claritate, preciziune

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Parapluie (antenne en parapluie) = = umbrelă (antenă în umbrelă)
Portée = bătaie, rază de acțiune
Relais = releu
Ronflement = sgomot de sector sau similar
Self = inductanță
Souffle = sgomotul de fond al amplificatorilor
Suppresseur = sită de oprire a emisiunii electronice secundare
Terre = pământ.

GERMAN-ROMÂN

Abgeschirmt = blindat
Abgleichen = echilibrare
Abklingzeit des Schalles = perioadă de reverberare
Abteilung = despărțitură
Ablenkung = deviere
Abreisspannung = tensiune de străpungere
Abschirmung = blindare
Abspieldose = pick-up
Abstimmen = acordare
Abstand = distanțare
Abtastung = manipulare
Akkumulator = acumulator
Akustisch = acustic
Allstromgerät = aparat (de recepție) universal
Anköpplung = cuplare
Anpassung = adaptare
Arbeit = lucru
Arbeitspunkt = punct de funcționare
Audion = triodă
Aufbau = construcție
Ausbreitung = propagare
Aussen = exterior
Band = bandă
Bau = construcție
Begrenzung = delimitare
Belastung = încărcare
Beseitigung = înlăturare
Bestimmung = determinare
Betrieb = întreținere, funcționare
Bild = imagine
Bremsgitter = sită de oprire (a emisiunii electronice secundare)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Brücke = punte
Brummen = sgomot de secţor, sau similar
Charakteristik = caracteristică
Dämpfung = amortizare
Drossel = bobină de şoc
Durchgriff = penetranţă (inversul pantei)
Eichung = etalonare
Eigenfrequenz = frecvenţă proprie
Einfluss = influenţă
Eisen = fier
Empfang = recepţie
Empfindlichkeit = sensibilitate
Endröhre = lampă finală
Entkopplung = decuplare
Entstörung = deparazitare
Erdung = punere la pământ
Fehler = defect
Feineinstellung = reglaj de precizie
Feld = câmp
Fernsehen = televiziune
Gedämpft = amortizat
Geerdet = pus la pământ
Geräusch = sgomot
Gitter = sită
Gitterstrom = curent de sită
Glättung = netezire
Gleichrichter = redresor
Gleichstrom = curent continuu
Glimmröhre = lampă cu luminescenţă (cu neon)
Grundwelle = undă fundamentală
Halb = jumătate
Heizstrom = curent de încălzire
Hochfrequenz = înaltă frecvenţă
Höhe = înălţime
Kapazität = capacitate
Kathode = catodă
Kennlinie = caracteristică
Kippschwingungen = oscilaţii de relaxare
Kopplung = cuplaj
Kurven = curbe
Kurze Wellen = unde scurte
Kurzschluss = scurt-circuit
Ladung = încărcare
Lautsprecher = difuzor
Leistung = performanţă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Leitung = conductor
Licht = lumină
Messinstrument = aparat de măsură
Mikrophon = microfon
Mischröhre = lampă de amestec (în superheterodină)
Netz = rețea
Niederfrequenz = joasă frecvență
Oberwelle = armonică
Pendelbewegung = mișcare oscilatorie
Phase = fază
Prüfgerät = aparat de examinat (de măsură)
Quer = transversal
Rahmenantenne = cadru
Reichweite = bătaie, rază de acțiune
Richtantenne = antenă dirijată
Röhre = lampă
Rückkopplung = reacție
Saugkreis = circuit absorbant
Schall = sunet
Schalldose = pick-up
Schallplatte = disc de gramofon
Schalter = comutator, întrerupător
Schärfe = ascuțime
Scheinwiderstand = reactanță
Scheitelspannung = teniune de vârf
Schirm = ecran
Schirmgitterröhre = lampă cu sită ecran
Schwingung = oscilație
Seitenband = bandă laterală
Sender = emițător
Siebung = filtrare
Spannung = tensiune. voltaj
Speisestrom = curent de alimentare
Sperkreis = circuit de blocare (circuit dop)
Spule = bobină
Stabantenne = antenă verticală
Starkstrom = curent de mare intensitate
Steilheit = pantă
Steurgitter = sită de comandă
Störer = perturbator (sursă de paraziți)
Strahlung = radiație
Stufe = etaj
Taste = manipulator
Ton = sunet
Trägerfrequenz = frecvența purtătoarei

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Trägheit = inerţie
Trennschärfe = ascuţimea acordului (putere de separare)
Uberlagerungsempfänger = superheterodină
Unterbrecher = întrerupător
Unverzerrt = nedeformat
Veränderlich = variabil
Verstärker = amplificator
Verzerrung = deformare
Vollweg Gleichrichtung = redresarea ambelor alternanţe
Vorrichtung = instalaţie
Vorselektion = preselecţie
Welle = undă
Wellenbereich = gamă de lungimi de undă
Wicklung = bobinaj
Widerstand = rezistenţă
Wiedergabe = reproducere
Windungszahl = număr de spire
Wirksame Antennenhöhe = înălţimea efectivă a antenei
Wirbelströme = curenţi Foucault
Wirkungsgrad = randament
Zwischenfrequenz = media frecvenţă.

ITALIAN-ROMÂN

Aero = aerian (antenă sau cadru)
Accoppiamento = cuplaj
Accoppiamento asco = cuplaj larg
Acutizza di sintonia = ascuţimea acordului
Adattore = adaptor
Alternazione = alternanţă
Altoparlante = difuzor
Bulbo = ampulă
Contrapesso = contra greutate
Controllo di volume = reglaj volumului
Carico = sarcină
Disinnesco = desamorsare
Griglia = sita
Griglia schermo = sită ecran
Intraeffeto = penetranţă (inversul pantei)
Onde persistenti = unde întreţinute
Pendenza = pantă
Portata = bătaia, raza de acţiune
Presa = pick-up
Presa femina (boccola) = jak

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Presa media	= priză mediană
Rectificata	= redresat
Regolazione	= reglaj
Rete	= rețea
Riscaldatore	= încălzire
Rivelatore	= detector
Ronzo di alternanza	= sbârnâit de sector
Segnale	= semnal
Transmodulazione	= modulație încrucișată
Uscita	= ieșire
Valvola	= lampă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INDEX ALFABETIC

Acordul automat 390.
Alimentarea aparatelor universale 376.
Alimentarea dela baterii 374.
Alimentarea dela sector 375.
Amortizarea oscilaţiilor 79, 80.
Amper 14.
Amplificarea 309.
Amplificarea disponibilă 249, 332.
Amplificarea de tensiune 71.
Amplificarea clasa B 334.
Amplificarea de putere 325.
Amplificarea de înaltă frecvenţă 314.
Amplificarea în joasă frecvenţă 319.
Amplificatori A, B, C, 310, 311.
Anodele, construcţia lor 285.
Anomalii în propagarea undelor 216.
Antene 163.
Antene blindate 200.
Antene comune 202.
Antene construcţia lor 198.
Antene directive 190.
Antene Hertz 180.
Antene Marconi 163.

Bandele laterale 160.
« Baretta » 276.
Barkhausen Kurtz 451.
Blindajul 102.
Blindarea cadrelor 195.
Blindarea antenelor 200.
Bobine cu miez de fier 97.
Bobine cu un strat 95.
Bobine în faguri 96.
Bobine selecţionate 96.

Cadre 189.
Cadre, construcţia lor 203.
Câmpurile posturilor noastre de radiodifuziune 466.
Câmpurile produse de posturile de emisiune.
Caracteristici dinamice 246—248.
Caracteristici statice 247.
Cardoida 196.
Calitatea bobinei « Q » 71.
Calităţile unui receptor 406.
Capacitate 32—35, 53.
Catoda, construcţia ei 282.
Centimetru 33, 34.
Ciclu 46.
Circuitul acordat închis 75.
Coeficient de cuplaj 41.
Colpitts 253, 351, 353.
Condensatori 32.
Condensatori construcţia lor 86.
Condensatori electrolitici 90.
Conductanţa 25.
Conductibilitate 25.
Contra greutate 180, 181.
Coulomb 14.
Cuplarea circuitelor 107.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cuplarea lămpilor prin impedanțe 321.
Cuplarea lămpilor prin rezistențe 319.
Cuplarea lămpilor prin transformatori 322.
Cuplajul « M » 41.
Curentul alternativ 46.
Curentul continuu. 11.
Curentul electric, sensul și viteza 12.
Cvarțul 435.

Decibelul 126.
Decrement logaritmic 81.
Decuplare prin rezistențe și capacități 382.
Defazarea 56, 57, 58.
Detecția 235, 289.
Detecția de placă 303.
Detecția de sită (prin cond. șuntat) 304.
Detecția în superheterodină 365.
Detecția prin diodă 295.
Detecția prin galenă 292.
Dielectric 34, 35.
Diferență de potențial 16.
Dioda 219.
Dioda, caracteristica ei 223.
Dioda, întrebuințări 229.
Dipol 182, 183, 184.
Dirijarea undelor 188.
Distribuția curentului în antenă 167, 169, 170.
Distribuția potențialului în antenă 167, 169.
Dublarea tensiunei 232.

Ecran electromagnetic 104.
Ecran electrostatic 103.
Ecourile de lungă durată 217.
Edison 219.
Efect de antenă (la cadru) 194.
Efect directiv al antenelor 186.
Efect directiv al cadrelor 193.
Efect de oglindă 368, 369.
Efect de suprafață 50.
Efectul Dellinger 216.
Efectul Luxemburg 216.
Electronul 11.
Emisia 425.
Expansiunea dinamică 402.

Factorul de amplificare 242.
Fading 214, 215.
Farad 32.
Faraday 7.
Feeder 182, 185.
Ferrocart 97.
Fidelitate 413.
Filtrele 125.
Filtrul obișnuit 359.
Fonul 132.
Forță electromotrice, 15, 16.
Fourier (teorema lui) 151.
Frecvență 46.

Galena 233.
Galena, caracteristica ei 234.
Gaus 43.

Hartley 251, 253, 445—448.
Heaviside 205.
Henry 39.
Heptodă 264.
Hertz 6, 47.
Heterodinare 153.
Hexodă 262.

Impedanță 60.
Înălțimea efectivă a antenei 168—170.
Înălțimea efectivă a cadrului 190.
Indicator de acord 273.
Inductanță 39, 53.
Inductanță, calcularea lor 44—46.
Inductanță, construcția lor 93.
Inductanță cu aer și cu miez de fier 42.
Inducția magnetică B 43.
Insumarea undelor 150.

Intensitatea eficace 48.
Interferenţa 149.
Invelişul lămpilor 286.
Ionii 12.

Jar 34.
Joule 29

Kennelly 205.
Kilociclu 46, 47.
Kilohertz 46, 47.
« Klirrfaktor » 413.

Lămpi, construcţia lor 282.
Lămpi cu amplif. prin emis. electronică secundară 270.
Lampi cu fascicole electronice 266.
Lămpi cu neon 278.
Lămpi cu pantă variabilă 252, 258.
Lămpi cu 4 şi 5 electrozi 252.
Lămpi, funcţiunile lor 289.
Lămpi încălzite direct 283.
Lămpi încălzite indirect 284.
Lămpi multiple 260.
Lămpi speciale 260.
Lămpi stabilizatoare de curent 276.
Lămpi stabilizatoare de tensiune 278.
Lee de Forest 6, 237, 238.
Legarea cond. în paralel şi în serie 37.
Legarea inductanţelor paralel şi în serie 42.
Legarea rezistenţelor paralel şi în serie 23.
Legea lui Joule 29.
Legea lui Kirchhoff 21.
Legea lui Ohm 18.

« M » cuplajul 41.
Magnetronul 272, 452.
Maxwell 6, 53.
Metoda rezistenţei adiţionale 175.
Mho 25.
Mirajul 207, 208.
Modulaţia 156, 240, 291, 438
Modulaţia de placă 439.
Modulaţia de sită 442, 443.
Modulaţia încrucişată 410.
Modulaţia în serie 441.
Modulaţia prin defazare 444.
Monoreglajul superheterodinei 367.
Montaje cu 2 şi 3 lămpi 356.
Montaje de emisie 445.
Montaje de unde scurte 450.

Negativarea sitelor 377.
Neperul 131.
Neutrodinarea 105.
Neutron 11.

Ochiu magic 274, 275.
Octodă 265.
Ohm 17.
Oscilaţii 136, 337.
Oscilaţii amortizate 137.
Oscilaţii întreţinute 137.
Oscilaţii de relaxare 137.
Oscilaţia lămpii, puterea maximă 342.
Oscilaţia lămpii randamentul maxim 344.
Oscilatorul pilot 423.

Pading 367, 368.
Pantă 243.
Paraziţii 415.
Paraziţii, legiferarea lor 428.
Paraziţii, natura lor 416.
Paraziţii, reducerea lor la recepţie 422.
Paraziţii, reducerea lor la sursă 418—422.
Pentoda 256.
Permeabilitate 42.
Petele solare 213.
Pierderi în cupru 52.

Pierderi în dielectric 36, 52.
Picofarad 34.
Propagarea undelor 203.
Potenţiometru 28.
Proton 11.
Pulsaţia 54.
Puterea instalaţiilor de amplificare 135.
Puterea radiată de antenă 171.

«Q» calitatea bobinei 71.

Radiaţia antenelor 171.
Radiaţia antenelor în planul vertical 179, 187.
Radio Bucureşti 455.
Radio Moldova....
Radio România 458.
Randamentul antenei 177.
Randamentul amplificatorilor clasa A 316.
Randamentul amplificatorilor clasa B 312.
Randamentul amplificatorilor clasa C 313.
Reacţia 349.
Reacţia negativă 393.
Recepţia 347.
Redresori cu oxid de cupru 233.
Redresori cu vapori de mercur 230.
Reflexia undelor 207, 208.
Reglaj automat de volum 384.
Reglaj de tonalitate 401.
Reinartz 350, 352.
Rezistenţe, construcţia lor 83.
Rezistenţe de radiaţie 171, 174.
Rezistenţe electrice 17.
Rezistenţe interioare ale lămpilor 243.
Rezistenţe ohmice şi în înaltă frecvenţă 49.
Rezistenţe specifice 20.
Rezistenţe şi reactanţe în paralel 64.
Rezistenţe şi reactanţe în serie 64
Rezistenţele unei antene 176.
Rezistivitate 20.
Rezonanţă 148.
Rigiditate dielectrică 35.

Sarcină rezistivă 108.
Schnell 250, 252.
Selectivitate 407.
Selectivitate, curbele 409.
Selectivitate variabilă 407.
Sensibilitate 406.
Sinusoida curentului alternativ 47.
Sitele, construcţia lor 285.
Sitele ecran 253.
Sitele, funcţiunile lor 252.
«Skin effect» 50.
Spectrul undelor sonore 143.
Spectrul undelor electromagnetice 147.
Stabilovolt 281.
Straturile ionizate 204, 207.
Superheterodina 361.
Superheterodina, principiul 363.
Superheterodina, monoreglajul 367.
Superheterodina, detecţia 365.
Super-reacţia 370.
Super-reacţia, principiul 373.

Tensiunea indusă 41.
Tetraoda 253.
Thomson, formula lui 68.
Transferul puterii 107.
Transferul maxim de putere 108, 121.
Transformatorul de înaltă frecvenţă 116.
Transformatorul de joasă frecvenţă 112.
Trioda 237.
Trioda, caracteristicele ei 238-241.

Unde 136, 138.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Unde electromagnetice 144.
Unde mecanice 141.
Unităţi de atenuare 126.
Ultra-sunete 132.
Urdox 278.

Valoarea practică a caracteristicilor lămpilor 244.
Variometru 100.
Vibratorii 379.
Vibratorii sincroni 370, 381.
Vidul lămpilor 288.
Viteza curentului electric 13.
Viteza sunetului 141.
Viteza undelor herţiene 139.
Volt 17.

Watt 29.

Zonă de tăcere (sau de umbră) 211.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ABACE, TABELE ȘI CURBE

		Pag.
Abacă	legea lui Ohm	18
»	rezistența sârmelor	22
»	rezistențe în paralel sau condensatori în serie	26
»	rezistența dinamică la rezonanță	69
»	formula lui Thomson, unde scurte	71
»	formula lui Thomson, unde lungi	72
Tabel	rezistențe specifice	21
»	constante dielectrice	35
»	frecvențele muzicale	143
»	frecvențele electromagnetice	147
»	rigiditate dielectrică	35
»	pierderi în dielectric	36
»	« k » din formula inductanțelor (Nagaoka)	45
»	decibeli	130
»	foni (și decibeli-neperi)	133
»	kilocicli-metri	140
»	formule de amplificare de voltaj	332
Curbe	inductanțe cu un strat	46
»	creșterea rezistenței prin efectul de suprafață	51
»	limitele inferioare și superioare ale perceptibilității auditive	135
	Propagarea undelor de	
	200—2.000 m la 10—2.000 km	204
	1— 200 m până la 200 km pe mare	205
	1—1.000 m până la 200 km pe uscat	206
	10—1.000 m până la 20.000 km (unde indirecte)	212

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TABLA DE MATERII

INTRODUCERE

I. *Substratul fizic al radioelectricității* 5–11

PARTEA I-A

NOȚIUNI DE TEMEIU

Pag.

II. *Curentul continuu* 11–46
Electronul 11
Ionii 12
Corpuri bune și rele conducătoare de electricitate 12
Natura curentului electric, sensul și viteza 12
Coulomb 14
Amper 14
Forța electromotrice 15
Diferența de potențial 16
Volt 17
Ohm 17
Legea lui Ohm 18
Legile lui Kirchhoff 21
Legarea rezistențelor în serie și în paralel 23
Potențiometrul 28
Joul 29
Watt 29
Legea lui Joule 29
Farad 32
Rigiditate dielectrică 35
Pierderi în dielectric 36
Legarea condensatorilor în serie și în paralel 37
Henry 39
Cuplajul « M » 41

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

Coeficientul de cuplaj « k » 41
Tensiunea indusă 41
Legarea inductanțelor în serie și în paralel 42
Inductanțe cu aer și cu miez de fier 42
Calcularea inductanțelor 44

III. *Curentul alternativ* 46–67
Ciclu, frecvență, kilociclu, kilohertz 46
Intensitatea și voltajul curentului alternativ 48
Rezistența ohmică și rezistența în înaltă frecvență . 49
Trecerea curentului alternativ prin capacități și inductanțe 53
Relația de fază între curent și voltaj 56
Factorul de putere 59
Impedanță 60
Rezistență și reactanță în paralel 64

IV. *Circuitul acordat* 67–83
Frecvență de rezonanță, formula lui Thomson 67
Amplificarea de tensiune, calitatea unei bobine « Q » 73
Circuitul acordat închis 75
Curentul, rezistența dinamică 77
Tensiunea 79
Amortizarea oscilațiilor 79
Raportul între inductanță și capacitate 82

V. *Construcția rezistențelor, capacităților și inductanțelor* .. 83–107
Rezistențe 83
Condensatori 86
Condensatorii variabili 87
Condensatorii fiși 89
Condensatorii electrolitici 90
Inductanțele 93
Pierderile în inductanțe 93
Bobinele cu miez de fier 97
Schimbarea valorii inductanțelor 99
Blindajul 102
Neutrodinarea 105

VI. *Cuplarea circuitelor, transferul puterii* 107–126
Cuplarea circuitelor 107
Transferul maxim de putere 108

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

Transformatorul de joasă frecvență 112
Transformatorul de înaltă frecvență 116
Considerațiuni generale 116
Rezistența reflectată 118
Reactanța reflectată 119
Transferul de putere maxim 121
Influența cuplajului asupra curbei de rezonanță 123
Filtrele 125

VII. *Unități de atenuare* 126–136
Decibelul 126
Neperul 131
Fonul 132

VIII. *Oscilații și unde* 136–163
Oscilații 136
Undele 138
Undele mecanice 141
Undele electromagnetice 144
Rezonanță 148
Interferență 149
Armonice, teorema lui Fourier 150
Heterodinarea 153
Modulația 156
Bandele laterale 160

PARTEA A II-A

LEGĂTURA RADIOELECTRICĂ

IX. *Antene și cadre* 163–203
Antena Marconi 163
Inălțimea efectivă 168
Puterea radiată de o antenă 171
Determinarea rezistenței de radiație 173
Metoda rezistenței adiționale 175
Antene mai mari de un sfert de lungime de undă 177
Antena Hertz 180
Efectele diretive ale acentenelor 185
Cadre 189

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

Blindarea cadrelor 194
Recepția simultană pe cadru și pe antenă 195
Construcția antenelor 198
Antene obișnuite 198
Antene blindate 200
Antene comune 202
Construcția cadrelor 203

X. *Propagarea undelor* 203–219
Straturile ionizate 204
Fading-ul 214
Anomalii în propagarea undelor 216
Efectul Dellinger 216
Efectul Luxembourg 216
Ecourile de lungă durată 217

PARTEA A III-A

LĂMPILE DE RADIO

XI. *Dioda* 219–237
Ce este dioda 219
Emisiunea electronică 221
Curba caracteristică a diodei 223
Intrebuințări 229
Detecție 229
Redresare 229
Dublarea tensiunii 231
Alte supape electrice 233
Galena 233
Redresorul cu oxid de cupru 233

XII. *Trioda* 237–252
Caracteristicele lămpii cu trei electrozi 239
Factorul de amplificare 242
Panta 243
Rezistența interioară 243
Valoarea practică a caracteristicelor 244
Funcționarea lămpii în sarcină, caracteristica dinamică 245
Amplificarea disponibilă 249

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

XIII. *Lămpile cu 4 și 5 electrozi, lămpile cu pantă variabilă* . . 252—260
Funcțiunile sitelor 252
Lampa cu sită-ecran, tetraoda 253
Pentoda 256
Lămpile cu pantă variabilă 258

XIV. *Lămpile speciale* . . . . . 260—282
Lămpile multiple 260
Hexoda 262
Heptoda 264
Octoda 265
Lămpile cu fascicole electronice 266
Lămpile care amplifică prin emisiune electronică secundară 270
Magnetronul 272
Indicatorul de acord 273
Lămpi stabilizatoare 276
Lămpi stabilizatoare de curent 276
Lămpi cu neon, stabilizatoare de tensiune 279

XV. *Construcția lămpilor de radio* . . . . . 282—289
Catoda 282
Incălzire directă 283
Incălzire indirectă 284
Sitele și anodele 285
Invelișul 286
Sticlă 286
Siliciu 287
Metal 287
Producerea vidului 288

PARTEA A IV-A

FUNCȚIUNILE LĂMPILOR

XVI. *Detecția* . . . . . 289—309
Modulația 289
Necesitatea detecției 291
Detecția cu galenă 292
Detecția prin diodă 295

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

Funcționarea 295
Montarea 300
Detecția prin triodă 303
Detecția de placă 303
Detecția de sită 304
Detecția prin diodă-triodă 308

XVII. *Amplificarea* 309–337
Diferite tipuri de amplificatori 310
Clasa « A » 310
Clasa « B » 312
Clasa « C » 312
Amplificarea în înaltă frecvență 314
Amplificarea în joasă frecvență 319
Cuplarea prin rezistență 319
Cuplarea prin impedanță 321
Cuplarea prin transformatori 322
Amplificarea de putere 325
Comparație între triodă și pentodă 329
Tabloul formulelor de amplificare 331
Determinarea liniei de funcționare 331
Amplificarea de putere clasa B 334

XVIII. *Oscilația* 337–347
Mecanismul întreținerii oscilațiilor 337
Condițiile necesare pentru întreținerea oscilațiilor 340
Puterea maximă 342
Randamentul maxim 344

PARTEA A V-A

RECEPȚIA

XIX. *Montajul în general* 347–373
Montaje cu o lampă 347
Reacția 349
Montaje cu 2, 3 lămpi 356
Superheterodina 361
Detecția în montajul superheterodinei 365
Monoreglajul superheterodinei 367
Efectul de oglindă 368
Super-reacția 370

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

XX. *Amănunte de montaj și perfecționări* ..... 373—406
Alimentarea, joasa și înalta tensiune 373
Negativarea sitelor 377
Vibratorii 379
Rezistențe și capacități de decuplare 382
Reglajul automat de volum 384
Acordul automat 390
Reacția negativă 393
Reglajul tonalității 401
Expansiunea dinamică 402

XXI. *Calitățile aparatelor de recepție* ..... 406—415
Sensibilitatea 406
Selectivitatea 407
Selectivitatea variabilă 407
Trasarea curbelor de selectivitate 409
Modulația încrucișată 410
Fidelitatea 413

XXII. *Paraziții* ..... 415—429
Natura paraziților 416
Raportul între paraziți și semnal 418
Reducerea paraziților la sursă 418
Reducerea paraziților la recepție 422
Colectorul de undo 422
Receptorul 423
Mărirea selectivității 423
Blindarea 424
Sistemul diferențial 424
Dispozitivul limitator 425
Modulația de frecvență 426
Legiferarea contra paraziților 428

PARTEA A VI-A

EMISIA

XXIII. *Producerea oscilațiilor de înaltă frecvență și radiația lor* .. 429—438
Producția oscilațiilor de înaltă frecvență 429
Oscilatorul pilot (« Master oscillator ») 433
Cristalul de cvarț 435

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pag.

XXIV. *Modulaţia* 438–445
Modulaţia prin absorbţie 439
Modulaţia de placă 439
Modulaţia de sită 442
Modulaţia prin defazare 444

XXV. *Montaje de emisiune* 445–454
Hartley 445
Colpitts 448
Cuplaj electronic 449
Push-Pull 449
Pentodă cu cristal 450
Montaje de unde ultra-scurte 450
Barkhausen-Kurtz 451
Magnetronul 452

XXVI. *Posturile noastre de radiodifuziune* 454–469
Radio-Bucureşti 455
Radio-România 458
Postul pe undă scurtă 462
Câmpurile produse de post. noastre de radiodifuziune 466
Desvoltarea radiodifuziunei româneşti 468

XXVII. INCHEIERE 469–471

ANEXĂ

XXVIII. *Dicţionare radiotehnice* 473–489
Englez-Român 473
Francez-Român 476
German-Român 477
Italian-Român 480
Index alfabetic 483
Abace, tabele şi curbe 489

Biblioteca Centrală Universitară
BIBLIOTECA DE BIOLOGIE
Cota veche: Donoti 1
Preţul: 15 lei

DE ACELAŞI AUTOR:

TELEVIZIUNE şi alte înfăptuiri în legătură cu radioelectricitatea, 136 pag., 80 fig.

Lucrări epuizate:

ACTUALITĂŢI RADIOFONICE,
16 conferinţe ţinute la Radio-Bucureşti.

RADIO PENTRU TOŢI,
vol. I, 200 pag., 180 fig.

RADIO PENTRU TOŢI,
vol. II, 454 pag., 534 fig.

Lucrare premiată de Academia Română

TELEMECANICĂ,
85 pag., 74 fig.

Lucrare premiată de Academia Română

Desenurile de Valentin Lazăr.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ERATĂ

La pag.	Rândul	In loc de	Se va ceti
11	7	creditorul	cetitorul
30	16	volt=amper	volți=amperi
37	5	pag...	pag. 35
71	9	*Kc.*	*Kc/s*
82	7	o cu	cu o
139	3	Kc	Kc/s
139	12	cicli.	cicli pe sec.
168	6	a unei inductanțe	inductanță
174	2	pag. ...	pag. 172
175	2	kilocicli;	kilocicli pe secundă;
184	6	acordanți,	acordați,
191	21	directiv	direcțional
211	4	kc	kc/sec.
286	20	Radio-Iași	Radio-Moldova din Iași
361	12	$f_1 - f_2 - F_R$	$f_1 - f_2 = F_R$
387	2	250	254
428	18	urmează să fie date în	au fost date ulterior în
428	20	Aceste instrucțiuni n'au apărut până în prezent (Februarie 1941) dar sunt în lucru.	Aceste instrucțiuni au apărut în Monitorul Oficial Nr. 208 din 3 Septemvrie 1941 și în broșură
436	26	Kilocicli	Kilocicli/sec.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IMPRIMERIILE STATULUI
MONITORUL OFICIAL ŞI
IMPRIMERIA NAŢIONALĂ
BUCUREŞTI — 1941

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

el 100. —

U. 72.097.